

Armi Lempinen

# Korkeusjärjestelmän muutos N2000-järjestelmään Forssassa ja Forssan seutukunnassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (ylempi AMK)  
Maanmittaustekniikka  
Opinnäytetyö  
18.06.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Armi Lempinen Korkeusjärjestelmän muutos N2000-järjestelmään Forssassa ja Forssan seutukunnassa 34 sivua + 3 liitettä 18.06.2018
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaaja	lehtori Ilkka Partonen
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä selvitys siitä mitä asioita tulee ottaa huomioon korkeusjärjestelmän muutosta suunniteltaessa, ja selvittää, miten Forssan kaupungilla muutos N2000-korkeusjärjestelmään tehtiin vuonna 2017. Projekti toteutettiin, jotta saadaan täytettyä Euroopan unionin asettaman INSPIRE-direktiivin vaatimukset yleiseurooppalaisen korkeusjärjestelmän osalta myös Forssan kaupungissa. Työssä selvitettiin myös mahdollisuutta tehdä korkeusjärjestelmän muutos Forssan seutukuntien kanssa yhdessä, mutta hallinnollisten ja aikataulullisten ongelmien takia päätettiin projekti tehdä Forssan kaupungin omana itsenäisenä projektina.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käytettiin kirjallisuustutkimuksen keinoja kokoamalla projektin perustietoja ja tekijöitä, jotka vaikuttavat projektin tekemiseen. Työtä tehtiin induktiivisella otteella, jolloin lähdemateriaali koostui valtakunnallisista ohjeistuksista ja julkaisuista ja niiden lisäksi myös konsultin tekemistä selvityksistä korkeusjärjestelmän muutoksesta.</p> <p>Työssä käytettiin tutkimuskeinona seutukuntien korkeusjärjestelmien osalta myös empiiristä case-tutkimusta, jota käytettiin tietojen hankintaan, sekä avoimia että strukturoituja kyselyitä ja haastatteluja. Tutkimusmenetelmänä oli kuitenkin pääosin kvantitatiivinen menetelmä.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tuloksena Forssan kaupunki siirtyi käyttämään N2000-korkeusjärjestelmää paikkatieto-ohjelmissaan. Projektin jälkeen Forssassa ei ole enää käytössä kuin yksi korkeusjärjestelmä, aiempien kahden (NF ja N60) tilalla. Osana korkeusjärjestelmän muutosprojektia teetetään Forssaan uudet N2000-korkeuskäyrät Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistosta.</p>	
Avainsanat	korkeusjärjestelmä, korkeuskäyrä, N2000

Author Title Number of Pages Date	Armi Lempinen Transforming Vertical Coordinate Reference System in N2000 in Forssa and the Forssa Region. 34 pages + 3 appendices 18 June 2018
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructor	Ilkka Partonen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Master's thesis was to establish what should be considered when planning a transition of the vertical coordinate reference system to N2000 and how the transition was done in Forssa in 2017. The final year project was also a part of meeting the demands of INSPIRE directive, governing the presentation of surveying data. The thesis also discussed the possibility of doing the transformation jointly in the Forssa region.</p> <p>This research was carried out as literature review. A comprehensive report on the background of the transition project was collected. An inductive method was used, as the source material consisted of national guidelines and publications on the subject. Furthermore, the study of the transition to the vertical coordinate reference system in the municipalities in the Forssa region was a case study, including interviews with the authorities in the municipalities.</p> <p>As a result, the transition to the N2000 vertical coordinate reference system was completed. The town will have new N2000-elevation curves created of the laser scanning material of the National Land Surveying of Finland.</p>	
Keywords	vertical coordinate reference system, N2000, elevation curve

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Tutkimusmenetelmät	2
2	Yleistä korkeusjärjestelmistä	3
2.1	Korkeusjärjestelmien historiaa	5
2.2	N2000-korkeusjärjestelmä	5
2.2.1	N2000-järjestelmän historiaa	5
2.2.2	Valtakunnalliset määräykset koskien N2000-korkeusjärjestelmää	6
2.3	N60-korkeusjärjestelmä	7
2.4	INSPIRE-direktiivi	7
3	Forssan korkeusjärjestelmät	9
3.1	Lähtötilanne N2000-korkeusjärjestelmään siirtymiseen	9
3.1.1	Paikkatieto-ohjelmistot	10
3.1.2	Tasojärjestelmän muutos vuonna 2010	11
3.1.3	Forssan kaupungin mittauspalvelut ja mittauslaitteet	12
3.2	Forssan korkeusjärjestelmän historiavaiheet	13
3.2.1	Vuodet 1937–1983	13
3.2.2	Vuodet 1994–1995	14
3.3	Korkeuskäyrien korkeuden muuttaminen uuteen järjestelmään	14
3.4	Hinta, resurssit ja tehtäväjako	15
3.5	Aikataulu	17
3.6	Korkeusjärjestelmien muutokset muilla paikkakunnilla	17
3.6.1	Seutukuntien korkeusjärjestelmän muutos	17
3.6.2	Seutukunnan muiden kuntien korkeusjärjestelmien tilanne	18
3.6.3	Miten muilla paikkakunnilla on muutos tehty?	19
4	Korkeusjärjestelmään siirtymiseen liittyvät työvaiheet	20
4.1	Selvitystyö	20
4.2	Muunnosvaihtoehdot	20

4.3	Laskennan lähtötilanne	21
4.4	Siirtokorjaus	21
4.5	Laskenta	23
4.5.1	Vapaanverkon tasoitus	23
4.5.2	Siirtokorjauksen laskenta	24
4.6	Korkeuskäyrästäön ajantasaistaminen	26
4.7	Korkeuksien muuntaminen paikkatieto-ohjelmaan	28
4.8	Tiedottaminen ja keskeneräisten projektien korkeusjärjestelmät	30
4.9	Pisteselityskortit	31
5	Yhteenveto	32
5.1	Korkeusjärjestelmän muunnoslukujen selvittäminen	32
5.2	Korkeuskäyrät	33
5.3	Paikkatieto-ohjelmiin uuden korkeusjärjestelmän muuttaminen	33
5.4	Tiedottaminen	33
5.5	Seutukunnat ja mahdolliset tulevat ongelmat	34
	Lähteet	35

## Liitteet

Liite 1. Tiedote korkeusjärjestelmän vaihdosta

Liite 2. Tarjouspyyntö korkeuskäyristä

Liite 3. Forssan kiintopistekartta vuodelta 1981

## Lyhenteet

BLR2000 Baltic Levelling Ring. Lähtötaso on NAP.

ETRS-GK24 EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmään liittyvä tasokoordinaatisto, jonka keskimeridiaani on tasa-asteella 24° ja projektiona Gauss-Krüger.

EUREF-FIN Suomen uusi, valtakunnallinen koordinaattijärjestelmä. EUREF-FIN on ETRS89-järjestelmän suomalainen realisaatio.

direktiivi Säädos, joka velvoittaa EU:n jäsenmaan muuttamaan omaa kansallista lainsäädäntöään direktiivissä annetun ohjeen mukaisesti ja mainitussa määräajassa.

GNSS Global Navigation Satellite System. Yhteisnimitys kaikista eri satelliittijärjestelmistä.

INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in Europe. Euroopan parlamentin ja neuvoston paikkatietodirektiivi 2007/2/EY.

JHS Julkisen hallinnon suositus, esimerkiksi JHS 163 Suomen korkeusjärjestelmä N2000.

JUHTA Julkisen hallinnon tietohallinnon toimikunta.

LN Lapin nolla, tilapäinen Lapin kattava korkeusjärjestelmä.

Locus Trimble Oy:n toimittama erityisesti kunnille ja kaupungeille suunnattu paikkatietojärjestelmä.

MML Maanmittauslaitos.

N43 Normaali 1943, tilapäinen Suomen etelä- ja keskiosat kattava korkeusjärjestelmä.

N60 Normaali 1960, ensimmäinen koko Suomen kattava korkeusjärjestelmä.

N2000	Normaali 2000, koko Suomen kattava korkeusjärjestelmä.
NAP	Normal Amsterdam Peil. Keski-Euroopan maiden yleinen korkeuden nol- lataso.
NF	Korkeusjärjestelmä Forssan kaupungin kantakartta alueella. NF-korkeusjärjestelmä on Forssan oma järjestelmä, ja se on 190 mm vä- hennettynä N60-korkeusjärjestelmästä.
NKG2005LU	Malli ilmaisee maannousun keskimääräiseen merenpinnan nousuun ver- rattuna. NKG2005LU Nordic Geodetic Commission Land Uplift model 2005 on pohjoismaisen geodeettisen komission maannousumalli, määri- tetty 2005.
NN	Normaali nolla, ensimmäinen valtakunnallinen Suomen etelä- ja keskiosat kattava korkeusjärjestelmä
paikkatieto	Tieto kohteista, joiden paikka maan suhteen tunnetaan. Paikkatieto sisäl- tää viittauksen tiettyyn paikkaan tai maantieteelliseen alueeseen. Paikka- tieto voi kuvata kohteen sijaintia ja muita ominaisuuksia, kuten muotoa.
PP2000	Peruspiste 2000. Suomen 3. tarkkavaaituksen ja N2000-korkeusjärjestelmän pääkiintopiste.

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön tilaajana on Forssan kaupungin Maankäyttöpalvelut-yksikkö, jossa kirjoitushetkellä päättötyöntekijä työskentelee projektin aikana maanmittausinsinöörin virassa ja vastaa mittauspalvelujen toimivuudesta ja karttajärjestelmän ajantasaisuudesta. Forssan kaupunki on yksi harvoista Suomen kaupungeista, joissa ei vielä vuoden 2017 mennessä ole tehty korkeusjärjestelmän muutosta. N2000-korkeusjärjestelmä on vallitseva valtakunnallinen korkeusjärjestelmä Suomessa. Erilaisissa koulutuksissa ja tapaamisissa tehtyjen tiedustelujen kautta olen saanut selville, että monet muut Suomen kunnat ja -kaupungit ovat jo siirtyneet käyttämään N2000-korkeusjärjestelmää. Forssassa on ollut pitkään käytössä kaksi korkeusjärjestelmää: N60- ja NF-korkeusjärjestelmät. Rinnakkaisten korkeusjärjestelmien käyttö on hankalaa ja riskialtista. Koska maannousun takia korkeudet ja korkeussuhteet muuttuvat, on korkeusjärjestelmä uusittava aika ajoin. Myös yhteydet eurooppalaisiin järjestelmiin sekä paikkatietoon liittyvä EU:n direktiivi (INSPIRE) edellyttävät modernia ajantasaista korkeusjärjestelmää.

Forssan seutukuntaan kuuluu Forssan lisäksi viisi eri kuntaa: Humppila, Jokioinen, Somero, Tammela ja Ypäjä, joista Humppila on tullut mukaan vasta vuonna 2016. Forssan kaupungilla ja seutukunnilla on käytössä Trimble Solutions Oy:n toimittama Trimble Locus -paikkatieto-ohjelmisto, jossa Forssan kaupunki toimii järjestelmän pääkäyttäjänä. Forssan seutukunnalla tehtiin muutos KKJ2-tasojärjestelmästä ETRS-GK24FIN-tasokoordinaatistoon vuonna 2010. Tasokoordinaatistojärjestelmän muunnos teetettiin Geopixel Oy -nimisen firman toimesta. Kun tehtiin EUREF-FIN-tasokoordinaatiston muutos, oli mietitty samalla myös korkeusjärjestelmän muutoksen tekemistä. Oli kuitenkin päädytty siihen lopputulokseen, ettei sitä tehtäisi, koska olemassa olevallakin korkeusjärjestelmällä tultiin vielä toimeen. Lisäksi molempien taso- ja korkeusjärjestelmän muuttaminen samaan aikaan olisi ollut resursien rajallisuuden takia liian suuri kokonaisuus. Korkeusjärjestelmä muutoksen uudistuksen hylkäämiseen olivat johtaneet ongelmat, joihin ei ollut saatu ratkaisua. Tällaisia ongelmia olivat mm. korkeuskäyrien muuntaminen tasaluvuiksi ja korkeustietoa sisältävien kohteiden korkeuden muuntaminen, esimerkiksi johtotiedot ja maastomalliaineistot. Tässä työssä pyritään selvittämään viimeksi eteen tulleet ongelmat ja saada muu-



tettua myös korkeusjärjestelmä INSPIRE-direktiivin mukaiseksi, eli N2000-järjestelmään.

## 1.2 Tutkimusmenetelmät

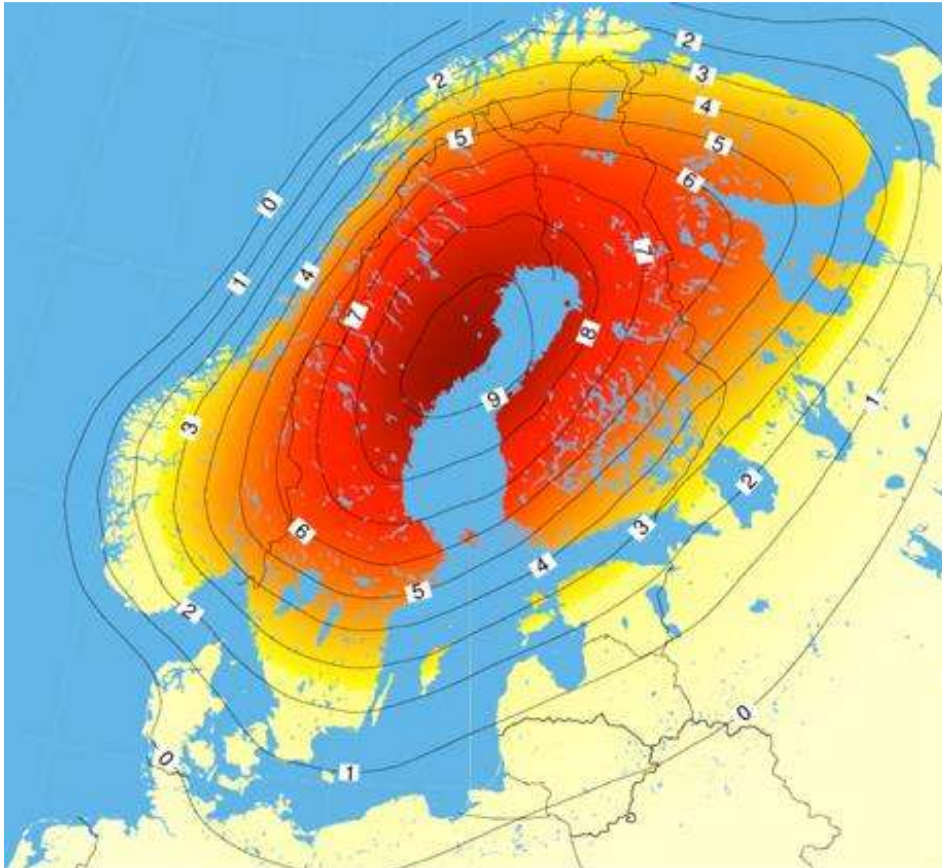
Tässä opinnäytetyössä käytetään erilaisia tutkimuskeinoja. Tutkimusmenetelmänä on kuitenkin pääosin kvantitatiivinen menetelmä. Kirjallisuustutkimuksen keinoja käytetään kokoamalla projektin perustietoja ja tekijöitä, jotka vaikuttavat projektin tekemiseen. Työtä tehdään induktiivisella otteella, jolloin lähdemateriaali koostui valtakunnallisista ohjeistuksista ja julkaisuista, mutta niiden lisäksi myös konsultin tekemistä selvityksistä korkeusjärjestelmän muutoksesta. Työssä käytetään kuitenkin myös tutkimuskeinona, seutukuntien korkeusjärjestelmien osalta, empiiristä case-tutkimusta. Case-tutkimusta käytetään tietojen hankintaan sekä avoimia, että strukturoituja kyselyitä ja haastatteluita tekemisessä. Kovaa dataa hankin käyttööni Forssan kaupungin arkistosta, Jukka Hakalan tekemästä selvityksestä ja JHS-suosituksista. Näiden tietolähteiden lisäksi tein kyselyitä kuntien virkamiehille ja Trimblen työntekijöille, jolloin sain tarvittavan aineiston työhön koottua.

## 2 Yleistä korkeusjärjestelmistä

Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät mahdollistavat maapallon kolmiulotteisen kuvaamisen. Jotta kolmiulotteisen maailman esittämiseksi kaksiulotteisella karttatasolla onnistuu, pitää olla karttaprojektio, jolle koordinaatit kolmiulotteisesti heijastetaan. Karttaprojektiot jaetaan taso-, kartio- ja lieriöprojektiioihin, joista poikittainen lieriöprojektiio on Suomen maastokartoissa yleisesti käytettävä projektiio. (Häkli ym. 2009:7.) ETRS89-koordinaattijärjestelmän suomalaisen realisaation nimi on EUREF-FIN. Forssan koordinaattijärjestelmän nimi on ETRS-GK24, ja julkisen hallinnon suosituksen mukaisen suomalainen tasokoordinaattijärjestelmän nimi on ETRS-TM35FIN. Koordinaattijärjestelmien nimissä alkuosa esimerkiksi ETRS viittaa geodeettiseen datumiin. TM viittaa UTM-karttaprojektiojärjestelmään ja GK viittaa Gauss-Krüger-karttaprojektiojärjestelmään. Numero (esimerkiksi Forssassa 24) koordinaattijärjestelmän perässä merkitsee keskimeridiaanin astelukua tai projektiokaistan numeroa (numero 35 ETRS-TM35FIN-järjestelmässä). (JHS-suositukset 2015:10.)

Korkeusjärjestelmän määrittelee korkeusdatumi, joka sisältää tiedot muun muassa järjestelmän käytettävyyalueesta, vertauspinnasta eli nollatasosta, ajanhetkestä, johon järjestelmä on sidottu ja korkeuksien tyypistä (ortometrinen vai ellipsoidinen). Korkeuskiintopisteiden avulla sidotaan korkeusjärjestelmä maastoon. (JHS 163 2007: 1.) Korkeusjärjestelmien avulla voidaan tarkasti määrittää pisteiden ja kohteiden sijainti. Mittaaminen tapahtuu nykyisin pääasiassa GNSS-satelliittipaikannusjärjestelmällä, joka hyödyntää sekä Yhdysvaltain puolustusministeriön GPS- että nykyisen Venäjän puolustusministeriön GLONASS-satelliitteja ja lisäksi muita satelliitteja. Korkeusjärjestelmät (NN, N43, N60), joita Suomessa on valtakunnallisesti käytetty, on sidottu Helsingin keskivedenpintaan, tämän vuoksi usein korkeuksista puhuttaessa sanotaan ”korkeus merenpinnasta”. Merenpinnan korkeudella tarkoitetaan korkeuksien mittauksissa, sitä mihin vapaa keskivedenpinta asettuu, ja tätä Maan painovoimakentän tasa-arvopintaa kuvaa geoidi. Todellisuudessa merenpinnan asettumiseen vaikuttavat muutkin tekijät kuin painovoima, tällaisia tekijöitä ovat veden lämpötila ja suolaisuus, ilmanpaine, tuulet ja merivirrat. Geoidimallista puhutaan, kun geoidi kuvataan korkeuksina vertausellipsoidiin nähden. Suomessa käytettävä malli on FIN2005N00, jonka avulla voidaan muuntaa EUREF-FIN-korkeudet N2000-korkeuksiksi. Laajemmilla alueilla kiilamaisen ilmiön vaikutukset ovat eri suuria alueen eri osissa ja sen mallintamiseen käytetään tilanteeseen sopivaa pienimmän neliösumman eli PNS-mallia. (JHS 163 2007.)

Maanpinta kohoaa jääkauden aiheuttaman painumisen palautuessa. Korkeusjärjestelmiä joudutaan tästä syystä uusimaan n. 40–50 vuoden välein. Maankohoaminen on erilaista eri puolella Suomea. Maannousu on suurinta lähimpänä Merenkurkkua ja Pietarin alueella sitä ei enää ole havaittavissa. (Saarelainen 2005:1.) Merenkurkussa maannousu on noin 9 mm/v, ja Forssan alueella noin 4 mm/v, kuten kuvasta 1 selviää.



Kuva 1. Fennoskandian maannousu Maan keskipisteen suhteen (millimetriä vuodessa). (Poutanen 2012.)

Maannousu ei kuitenkaan juurikaan vaikuta lähipistetarkkuuteen, vaan lähekkäin sijaitsevat pisteet nousevat pienehköillä alueilla saman verran niiden korkeuseron pysyessä käytännössä muuttumattomana (Ahola, Musto 2011:38.) Kiintopisteiden väliset korkeuserotkaan eivät vanhoissa järjestelmissä ole enää oikeita maankuoren kallistumisen johdosta. Merenpinta nousee jäätiköiden sulamisen takia yli 1,5 mm vuodessa, mikä osaltaan vaimentaa hieman maannousun vaikutusta rannikolla. (Poutanen 2012.) Tarkkoja tietoa korkeuksia ja korkeussuhteista tarvitaan esimerkiksi vesirakentamisessa. Myös EU:n direktiivi (INSPIRE) edellyttää modernia ajantasaista korkeusjärjestel-

mää. Vuonna 2006 valmistunut Suomen kolmas tarkkavaaitus mahdollisti uuden korkeusjärjestelmän luonnin. (JHS 163 2007.)

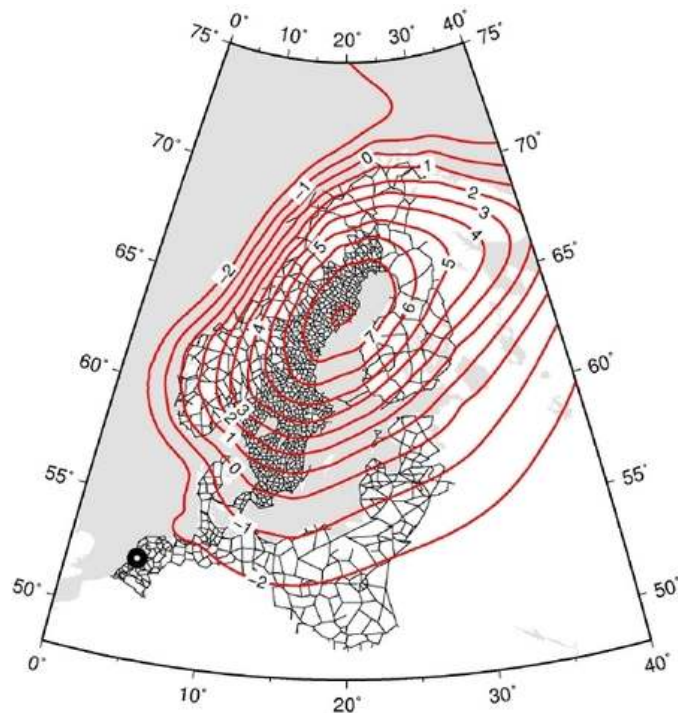
## 2.1 Korkeusjärjestelmien historiaa

Suomessa on maannousun vuoksi neljä eri aikoina syntynyttä järjestelmää NN, N43, N60 ja N2000, joista kolme ensimmäistä ovat jo käytännössä jääneet pois käytöstä. ensimmäinen eli NN-järjestelmä toteutettiin 1900-luvun alussa (1892–1910). Toisessa valtakunnallisessa tarkkavaaituksessa (1935–1972) luotiin järjestelmät N43 ja LN, jotka molemmat oli tarkoitettu tilapäiseen käyttöön. Kun tämä toinen tarkkavaaitus saatiin suoritettua kokonaisuudessaan loppuun, otettiin käyttöön vuoteen 1960 redukoitu N60-korkeusjärjestelmä. Käytännössä korkeusjärjestelmät ovat syntyneet noin viidenkymmenen vuoden välein maan noustessa. Korkeuksien päivitystarve ei poistu N2000-järjestelmänkään myötä, vaan sitä esiintyy niin kauan kuin maan nouseminen jatkuu. (JHS 163 2007.)

## 2.2 N2000-korkeusjärjestelmä

### 2.2.1 N2000-järjestelmän historiaa

N2000-korkeusjärjestelmä perustuu Suomen kolmanteen tarkkavaaitukseen, joka aloitettiin vuonna 1978 ja viimeiset mittaukset olivat syksyllä 2006. Linjojen yhteispituus oli 9158 km ja kiintopisteitä 6092. Suomen kansallisen tasoituksen lähtöarvo, josta käytetään lyhennettä BLR2000 (Baltic Levelling Ring), määritettiin pohjoismaisena yhteistyönä Itämeren ympäri tehdyllä tasoituksella (kuva 2). Tasoituksen lähtötaso on NAP (Normal Amsterdam Peil), joka tarkoittaa Keski-Euroopan maiden yleistä korkeuden nollatasoa, ja se on realisoitu BLR-tasoituksessa mukana olleella Hollannissa sijaitsevalla kiintopisteellä N:o 13600. Vuosi 2000 on Pohjoismaisen geodeettisen komission antama suositus yhteisestä pohjoismaisten korkeusjärjestelmien nollahetkestä. NKG2005LU on paras koko Fennoskandian käsittävä maannousumalli, se ilmaisee keskimääräisen maannousun merenpintaan verrattuna, eivätkä sen antamat maannousuluvut poikkea merkittävästi Suomen kolmesta tarkkavaaituksesta lasketuista maannousuarvoista. Pohjoismaiden osalta se sisältää erityyppisiä korkeushavaintoja. Kiintopiste PP2000 on N2000-korkeusjärjestelmän lähtötaso Kirkkonummella, kiintopisteen korkeuslukema on saatu BLR2000-tasoituksesta. (JHS 163 2007.)



Kuva 2. Itämeren ympäri tasoitettu vaaitusverkko BLR2000. Datumin määrittävä piste NAP (Normaal Amsterdams Peil) on merkitty ympyrällä. Punainen käyrästö on maannousumalli NKG2005LU (millimetreinä). (JHS 163 2007.)

### 2.2.2 Valtakunnalliset määräykset koskien N2000-korkeusjärjestelmää

JUHTA eli Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta toimii julkisen hallinnon tieto-yhteiskuntakehityksen edistämiseksi. Se on vuonna 2007 julkaissut julkisen hallinnon suosituksen 163 eli lyhyemmin JHS 163, jossa määritellään Suomen korkeusjärjestelmä N2000, jota suositellaan käytettäväksi. JHS 163 -suositus on laadittu paikka-tietoaineistojen ja -järjestelmien tuottajille ja käyttäjille, ja siinä määritellään N2000-järjestelmän perusteet, tekniset ominaisuudet, käyttökohteet ja geoidimalli. Suosituksen tavoitteena oli yhtenäistää ja nopeuttaa uuden korkeusjärjestelmän käyttöönottoa Suomessa.

JHS 184 on julkaistu vuonna 2012. Se käsittelee kiintopistemittaus-ta EUREF\_FIN-koordinaattijärjestelmässä. Tästä suosituksesta tulee ohje, että N2000-korkeusjärjestelmässä käytetään geoidimallina FIN2005N00-geoidimallia. Tämä tarkoittaa siis sitä, että tasorunkopisteille saatavat korkeudet voidaan saada yhteenso-

piviksi vaaituskorkeuksien kanssa geoidin korkeuden avulla, ja tästä syystä kaikkien tulisi käyttää samaa geoidimallia mittauksissaan.

Myös JHS 185 antaa vaatimuksia asemakaavan pohjakartalle. Suosituksessa määritetään, että N2000-korkeusjärjestelmä on valtakunnallinen korkeusjärjestelmä. Suosituksessa määrätään, että pohjakartan laatimisessa ja kaavoitusmittauksissa on käytettävä valtakunnallista koordinaatti- ja korkeusjärjestelmää. Järjestelmät on kiinnitettävä maastoon kiintopisteiden avulla.

Maanmittauslaitos määrittä valtakunnallisen N60–N2000-järjestelmille kolmioittaisen muunnoksen tehostaakseen uuden korkeusjärjestelmän käyttöönottoa Suomessa. Jotta muunnoksessa saatu korkeusmuunnos voitaisiin viedä eri paikkatietosovelluksiin, laadittiin muunnoshila, joka on ladattavissa Paikkatietokeskus FGI:n muunnospalvelusta. Valtakunnallista muunnosta pidetään riittävän tarkkana minkä tahansa korkeusdatan muuntamiseen. Muunnetut N2000-arvot valtakunnallisille kiintopisteille ovat nähtävillä Maanmittauslaitoksen kiintopisterekisterissä. (Ahola, Musto 2011: 35–36, 40.)

### 2.3 N60-korkeusjärjestelmä

N60-korkeusjärjestelmän nimi juontuu siitä, että sen lähtökorkeudeksi valittiin vuoden 1960 alussa ollut Helsingin teoreettinen keskivedenpinta, joka oli laskettu vuosien 1935–1954 havaintojen perusteella. (JHS 163 2007.) Toisen tarkkavaaituksen verkon tultua pääosiltaan mitatuksi voitiin luoda vasta uusi korkeusjärjestelmä. Koska ensimmäisen tarkkavaaituksen verkko ei ylittänyt Lappiin, otettiin Lapissa käyttöön ensin väliaikainen LN-korkeusjärjestelmä. Vasta vuosina 1973–1975 N60-järjestelmä tuli koko maan kattavaksi. N60-korkeusjärjestelmän korkeudet ovat ortometrisia korkeuksia, mikä tarkoittaa sitä, että pisteen etäisyys geoidista on määritetty jakamalla pisteen geopotentialiluku geoidin välisellä keskimääräisellä painovoimalla. (Bilker-Koivula, Ollikainen 2009: 3–4.)

### 2.4 INSPIRE-direktiivi

Vuonna 2007 Euroopan parlamentti ja neuvosto antoivat Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin INSPIRE-direktiivin (Infrastructure for Spatial Information in the Euro-

pean Community) perustamisesta. INSPIRE-direktiivi edellyttää, että tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmät pitää olla paikkatietoaineistoissa yleiseurooppalaisessa muodossa. Direktiivin tavoitteena on paikkatietoaineistojen yhtenäistäminen ja samalla yhteistyön lisääminen. Paikkatiedon infrastruktuuri tulisi toteuttaa vaiheittain EU-jäsenvaltioissa vuoteen 2020 mennessä. Direktiivi ja sen pohjalta annetut komission asetukset määrittelevät keinot ja aikataulun, miten muutos tulisi tehdä. Suomessa on käytössä vielä niin NN-, N43-, N60- kuin paikalliseen käyttöön luotuja korkeusjärjestelmiäkin, kuten Forssan NF-korkeusjärjestelmä. Projektia tehdessä kävi ilmi, että moni Suomen kaupungeista ja kunnista ovat jo siirtyneet käyttämään N2000-korkeusjärjestelmää. INSPIRE-direktiivin mukaisia yleiseurooppalaisia tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä ovat Suomessa EUREF-FIN ja N2000. Korkeusjärjestelmän vaihtaminen on työmäärältään suurempi, kuin tasokoordinaatiston vaihtaminen vaikka onkin teknisesti yksinkertaisempi. Erityisesti uusien korkeuskäyrien tuottaminen on melko työlästä. (Maanmittauslaitos 2017.)

### 3 Forssan korkeusjärjestelmät

Euroopan unionin vaikutuksesta kuntiin kohdistuu runsaasti muutospaineita. Esimerkiksi INSPIRE-direktiivi, joka velvoittaa kuntia etenkin paikkatietoaineistojen yhteiskäytön edistämiseen, jonka vuoksi tämän työn tekemiseen ryhdyttiin, jotta saataisiin muutettua Forssan kaupungin korkeusjärjestelmä N2000-järjestelmään. Forssassa on ollut siis pitkään käytössä kaksi korkeusjärjestelmää: N60-korkeusjärjestelmää on käytetty haja-asutusalueella ja NF-korkeusjärjestelmää kantakartta-alueella. NF-korkeusjärjestelmä on Forssan oma järjestelmä, ja se on 190 mm vähennettynä N60-korkeusjärjestelmästä. NF-järjestelmä on ollut käytössä jo ennen N43-korkeusjärjestelmää, se on siis NN- ja N43-korkeusjärjestelmien välistä. Forssan korkeusjärjestelmään lähtökorkeus on saatu NN-korkeusjärjestelmästä. Voidaan siis sanoa, että Forssan NF-tarkkavaaitusverkon korkeudet perustuvat likimäärin NN-korkeusjärjestelmään. Nämä likimäärin perustuva korkeudet tulevat siitä, että alun perin NN-järjestelmään liitettyjen korkeuspisteiden nykyiset käyttökorkeudet ovat eronneet toisistaan myöhemmin tapahtuneiden lisävaaitusten ja laskentojen vaikutuksesta.

Kun Forssan seudulla on otettu käyttöön N60-korkeusjärjestelmä, ei NF-järjestelmästä haluttu tai osattu luopua, jotta saataisiin pidettyä Forssan oma järjestelmä käytössä ja näin ollen oltaisiin jollakin tavalla omaleimaisempia. Tämä on jälkeinpäin katsoen ollut melko huono päätös, koska oma korkeusjärjestelmä on tuottanut monia epäselvyyksiä ja mittavirheitä niin oman kaupungin toimintaan, kuin muillekin ulkopuolisille toimijoille. NF-verkkoa on täydennetty useassa eri vaiheessa lisävaaituksilla ja solmupistetasoituksilla. Rinnakkaisten järjestelmien käyttö on aina riskialtista, koska huonoimmassa tapauksessa esim. teknisissä suunnitelmissa voi syntyä pahoja ja kalliita sekaannuksia. Tämän vuoksi korkeusjärjestelmien tarkan yhteyden tunteminen kaupungin tai kunnan alueella on tärkeää.

#### 3.1 Lähtötilanne N2000-korkeusjärjestelmään siirtymiseen

Forssan kaupungin alueella on 183 korkeuskiintopistettä. Pisteet on käyty tarkistamassa vuonna 2015 siten, että olemassaolo ja kunto tarkistettiin. Jonkin verran lisätöitä aiheutti selvitystyö siitä miten ja milloin korkeuskiintopisteiden vaaitukset oli tehty. Korkeuskiintopisteiden pisteselityskorteissa on rakennusvuosiksi merkattu pisteille vuosia: 1937, 1966, 1976 1983 ja 1995. Vuosien 1937, 1966 ja 1976 mittauksista tai pisteiden



rakentamisista ei löydy arkistoista mitään tietoa, mutta pisteselitekortteihin on merkitty laskentavuodeksi näille pisteille vuosi 1983. Forssassa on tehty vuonna 1981 aloitettu tarkkavaaitus, jolloin varmasti ainakin suurin osa pisteistä on tehty. Koska laskentavuodeksi myös vuosien 1937, 1966 ja 1976 pisteille on merkitty vuosi 1983, voidaan tehdä johtopäätös, että nämä pisteet ovat olleet vuoden 1981 aloitetussa tarkkavaaituksessa mukana.

Aluksi ainoat korkeusverkkoon liittyvät asiakirjat, jotka löytyivät Forssan kaupungin Maankäyttöpalvelujen arkistoista, olivat kolme haalistunutta havaintokirjaa ja Teknillisen korkeakoulun Geodesian ja kartografian laboratorion vuonna 1995 mitatun maastoharjoituksen raportit ja selvitykset. Siinä vaiheessa ainoa suunnitelma muutoksen toteuttamiseksi oli, että korkeusjärjestelmävaihdos vaatii tarkkavaaitusta, sillä millään muulla keinolla nykyistä NF-korkeusjärjestelmää ei voisi saada luotettavasti ja vaatimuksien mukaisesti korvattua N2000-korkeusjärjestelmällä. Karkea arvio siirtokorjauksesta NF-järjestelmästä N2000-järjestelmään oli noin 0,47 metriä. Tarvittavien vaaituksien määrää ei pystytty arvioimaan ilman selvitystyötä (hyvin karkea arvio tarvittavasta vaaittavien linjojen pituudesta oli 30–40 km). (Hakala 2017a)

Forssan kaupungin arkistoista löytyi etsintöjen jälkeen melko hyvät arkistot vanhoista tarkkavaaituksista ja NF-korkeusverkon tasoituslaskennasta. Forssan kaupungin eläkkeelle jäänyt kaupungingeodeetti Rainer Suvanto löysi arkistosta vuonna 1994 tehdyn kansion Forssan kaupungin korkeuspisteverkon uudistamisesta (geodesian erikoistyö, tekn.yo. Timo Tolkki, TKK 1994). Kansiossa oli havaintoaineistoa, karttoja ja raportti tasoituslaskennasta, jossa muun muassa historiatietoa kaupungin korkeusjärjestelmästä. Arkistoista löytyi myös esimerkiksi vuoden 1981 käsin piirretty tarkkavaaituskartta (liite 3), johon on merkitty vaaittujen pisteiden korkeuserot, välimatkat, jonojen numerot ja sulkuvirheet. Näillä löytyneillä dokumenteilla sai kerättyä lähtöaineiston, jolla pystyi aloittamaan muunnostyön laskennan valmistelut.

### 3.1.1 Paikkatieto-ohjelmistot

Forssan kaupungilla ja seutukunnilla on siis käytössä Trimble Locus -paikkatieto-ohjelmisto ja siihen liittyvät ohjelmisto-osiot, muun muassa WebInfo, WebMap ja Internet Karttapalvelu. Forssa on aloittanut Teklan Xcityn käyttöönoton vuonna 1999, ja se on laajentunut vaiheittain seudulliseksi paikkatietojärjestelmäksi. Forssa toimii seudulli-

sena palvelukeskuksena ja vastaa järjestelmän ylläpidosta ja kehittämisestä. Myös Forssan kaupungin Vesihuoltoliikelaitos käyttää Trimblen ohjelmistoa, joka on Trimble NIS -ohjelmisto. NIS-ohjelmisto sisältää kaikki Forssan kaupungin alueella olevat vesi- ja viemäriaineiston. NIS-ohjelmisto on suoraan yhteydessä Trimble Locus -ohjelmistoon, josta molemmat ohjelmat käyttävät toistensa tietosisältöä hyväkseen. Lisäksi käytössä on Teklan Civil -ohjelmisto, joka sisältää mm. pohjatutkimustietoja ja joitakin katulinjoja. Civil-ohjelmisto on täysin riippuvainen Trimble Locuksesta. Näistä ohjelmistojen yhteiskäytöistä johtuen myös aineistojen korkeudet Tekla NIS- ja Civil -ohjelmistoissa tulee muuttaa korkeusjärjestelmän muutoksen yhteydessä.

Tietojärjestelmien muutostyöt hoitaa käytännössä Trimble, joka on Locus, Nis ja Civil -ohjelmien toimittaja ja järjestelmien ylläpitäjä. Forssan kaavoituspuolella on käytössä Microstationin Stella -ohjelmisto, mutta siihen kaikki korkeustieto otetaan käytännössä siirtotiedostoina lukemalla Locus -järjestelmästä.

### 3.1.2 Tasojärjestelmän muutos vuonna 2010

Forssan seutukunnan alueella tehtiin tasokoordinaatiston muutos KKJ2-tasokoordinaattijärjestelmästä ETRS-GK24-järjestelmään vuonna 2010. Geopixel Oy teki muunnokseen tarvittavat alustavat selvitykset, joissa todettiin, että seutukunnan koko alue pystyttiin tekemään yhdellä muunnoksella ja silti karttakohteiden muodot ja kulmat säilyivät muunnoksessa muuttumattomina. Tämän selvityksen jälkeen Jukka Hakala Geopixeliltä laski Helmert-muunnoksella numeerisen aineiston muunnoksen ja sai lopputulokseksi tarkkuudeltaan ja käytettävyydeltään hyvän muunnostarkkuuden. Lasketut aineistot toimitettiin Teklalle, nykyiselle Trimblelle, jotta voitiin tehdä testimuunnos. Tämän jälkeen Forssan kaupungin omat mittamiehet tekivät joitakin tarkistusmittauksia. Lopuksi Tekla vei muunnoksen varsinaisiin tuotantokantoihin kolmeen eri ohjelmaan, jotka ovat Forssan seudulla käytössä. Nämä kolme ohjelmaa olivat nimeltään Tekla XCity, nykyinen Trimble Locus, Tekla XStreet, nykyinen Tekla Civil ja Tekla Xpipe, nykyinen Tekla NIS. Teklasta hoitivat järjestelmän osuuden koordinaatiston muutoksesta.

### 3.1.3 Forssan kaupungin mittauspalvelut ja mittauslaitteet

Forssassa kantakartan ylläpito toteutetaan täydennyskartoituksin aina tarpeen vaatiessa ja, jos puutteita huomataan. Käytännössä kaavaosasto tilaa täydennyskartoituksia aina asemakaavan tullessa vireille. Tällöin alueelta tarkistetaan kaikki kantakartan kohteet ja puuttuvilta osin karttaa täydennetään. Koska pohjakartan tarkistus tehdään huolellisesti ja mittaosastolla tehdään paljon täydennyskartoituksia muiden mittauksen yhteydessä, ei systemaattisia päivityksiä tarvitakaan. Joiltakin osin kantakartta-aineisto ei ole kuitenkaan yhteneväinen kaikkien alueiden osalta ja aineistossa on erilaisia puutteita, mikä ei kuitenkaan vaikuta kantakartan käyttöön kaavan pohjakarttana. Kunnallisteknisen suunnittelun osastolla (Infrapalvelut) kantakarttaa käytetään vastaavalla tavalla kuin kaavoituksessa, mutta suunnittelutöitä varten kaupungin Infrapalvelut tilaa mittaosastolta tarvittavan maastomallin suunnittelualueesta, koska kantakartta-aineisto ei sovellu ilman lisämittauksia korkeustietojen puutteen vuoksi lähtöaineistoksi.

Forssan Kaupungin mittalaitteina oli vuonna 2017 gps-mittauksissa Trimble R8-GNSS-vastaanottimella ja Trimble CU-maastotietokone sisältäen Trimble Survey Controller -ohjelmiston. Takymetrimittauksissa käytettiin Trimble S6-robotitakymetriä ja TCU-maastotietokonetta Survey Controller -ohjelmistolla. Forssan kaupungin tuottamia ja ylläpitämiä paikkatietoja toimitetaan kaupungin tietojärjestelmiin ja ulkopuolisille tarvitsijoille. Aineistot välitetään eri tiedostomuotoisten siirtotiedostojen avulla. Järjestelmien väliseen tiedonsiirtoon uudistus ei vaikuta teknisesti, mutta tärkeää silti olisi, että kaikki korkeustieto olisi vaihtopäivän jälkeen oikeassa järjestelmässä. Maastomittauksien tekniseen suorittamiseen, joita Forssan kaupungin toimesta tehdään, ei korkeusjärjestelmäuudistuksella ole suoranaisia vaikutuksia. Satelliittimittauksissa käytettävä geoidimalli tulee vaihtaa maastotallentimesta FIN2005N00-malliksi. FIN2005N00 on valtakunnallinen geoidimalli, joka on tuotettu EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmää ja N2000-korkeusjärjestelmää varten. Kun geoidimallin ottaa käyttöön, pitää tehdä korkeuden tarkistusmittaus. Tämä tehdään suorittamalla useamman mittauksen sarja n. 2 tunnin aikana satelliittimittauksiin hyvin sopivilla valtakunnallisilla korkeuskiintopisteillä. Vertaamalla mittauksen antamia ja vaaittuja korkeuksia voidaan arvioida geoidimallin toimivuus alueella.

### 3.2 Forssan korkeusjärjestelmän historiavaiheet

#### 3.2.1 Vuodet 1937–1983

Marraskuussa 1937 tehtiin vaatukset Forssan, silloisen Forssan kauppalan, ensimmäisen paikallisen korkeusrunkopisteverkon aikaansaamiseksi. Hydrologinen toimisto vaati silloisen korkeuspisteen  $H_{nn} = 97,690$  m, piste oli kallioon hakattu rengas ja sijaitsi Loimijoen vasemmalla rannalla n. 20 metriä Koskisillalta alas. Tälle pisteelle annettiin nimi KP1 ja korkeusarvona käytettiin siis NN-korkeutta. KP1:n viereen rakennettiin rautapultti, joka nimitettiin KP2:ksi. KP2-korkeudeksi määritettiin  $H_{nn} = 98,483$  m. KP1 ja KP2 olivat peruspisteitä, joihin vuoden 1937 vaatukset perustuivat. Näistä vaaitusmitauksista oli jäänyt arkistoihin havaintokirjoja, joista voitiin päätellä, että havainnot on tehty millimetrin tarkkuudella. Nykyisin nämä vaaituskirjat ovat jo hävinneet. Näiden vaaitusten perusteella mitattiin Forssaan 30 kappaletta NN-korkeusjärjestelmässä olevaa korkeusrunkopistettä (KP1- KP30). (Tolkki 1994: 2.)

Tämän jälkeen tapahtuneesta korkeuspisteverkon laajenemisesta ei ole säilynyt täysin aukotonta dokumentointia. 1980-luvun alusta alkaen suoritettiin kaupungin toimesta uusintavaaituksia, jolloin pisteverkkoa vaaittiin uudelleen ja täydennettiin järjestelmällisemmin. Joulukuussa 1983 Forssan kaupungissa suoritettiin korkeuspisteiden uudelleentasoitusta solmupistetasoituksena. Tästä tasoituksesta saadut pisteiden korkeudet ovat nykyisin käytössä olevia pisteiden korkeuksia Forssan järjestelmässä. Laskennassa käytetyt havainnot olivat 1980-luvun alkuvuosina tehdyistä uusintavaaituksista. Tästä tasoituksesta säilyneistä dokumenteista ei ilmene, mihin tasoituksen lähtöpisteinä käytettyjen pisteiden lähtökorkeudet perustuivat. Aikaisemmin peruspisteenä ollut KP2 oli vuoden 1983 tasoituksessa tavallisena tasoitettavana pisteenä muiden joukossa, ja sille määritettiin uudeksi korkeudeksi  $H_{nf} = 98,497$  eli 14 mm alkuperäisestä NN-korkeudesta eroava arvo. Alkuperäinen Hydrologisen toimiston vaaitsema KP ei ollut enää mukana tässä laskennassa. KP1:tä ei ole käytetty Forssassa käytännön mitauksissa, koska sen rakenne kallioon hakattuna (ja siten myös korkeustaso) on liian epämääräinen. Samoin sen sijainti on hankala. Vuoden 1983 laskennan jälkeen Forssan korkeuspisteverkkoa on edelleen täydennetty uusien pisteiden lisävaaituksella. (Tolkki 1994: 2.)

### 3.2.2 Vuodet 1994–1995

Koska aiemmin mitatuissa verkoissa ei ollut noudatettu mitään verkkohierarkiaa, korkeuspisteistöstä oli tullut väijäämättä jonkin verran epähomogeeninen. Tilanteen selkeyttämiseksi tehtiin v. 1994 tarkkavaaitusverkon uudelleen tasoitukset pienimmän neliösumman (PNS) verkkotasoituksella sekä vanhassa NF-järjestelmässä että valtakunnallisessa N60-järjestelmässä. Hanke toteutettiin opinnäytetyönä ("Forssan kaupungin korkeuspisteverkon uudistaminen"; geodesian erikoistyö, tekn. yo. Timo Tolkki, TKK 1994), työssä on esitelty hankkeen taustat sekä laskentatulokset perusteellisella tavalla. Hankkeen tavoitteena oli kaupungin siirtyminen valtakunnalliseen N60-korkeusjärjestelmään. Ilmeisesti käytännön sanelemista syistä johtuen korkeusjärjestelmän vaihto ei kuitenkaan toteutunut, vaan N60-korkeuksia on käytetty vain erillishankkeissa ja yksittäistapauksissa. Vuonna 1994 on kaikille Forssan korkeuskiintopisteille saatu nelidesimaalinen korkeus ja pisteiden laskemispäivämääräksi pisteselituskortteihin muutettu vuosiluvuksi 1995. Tällöin myös kaikille Forssan Kaupungin alueella oleville pisteille on annettu NF-korkeus. Jonkin verran tämän tiedon varmistaminen teetti tarkistusmittauksia, koska joihinkin pisteselituskortteihin oli jätetty korkeusjärjestelmäksi maininta "Valtion" ja joissakin korteissa luki korkeusjärjestelmän kohdalla "Kaupungin". Tarkistusmittauksia tehdessä todettiin, että pisteissä, joissa oli maininta "Valtion", oli korkeusjärjestelmänä kuitenkin NF eli "Kaupungin". Vuonna 1994 uusittu NF-järjestelmä on siten palvellut Forssan korkeusreferenssinä tähän päivään asti, kun päätettiin korkeusjärjestelmä muuttaa N2000-korkeusjärjestelmäksi. (Suvanto 2017.)

Myös Teknillisen korkeakoulun Geodesian ja kartografian laboratorio on vuonna 1995 mitannut maastoharjoituksena Forssan kaupungin alueella tasorunkoverkon GPS-mittauksilla ja perinteisillä jonomittauksilla. Silloin lisäksi määritettiin tasopisteiden korkeuksia tarkalla trigonometrisella korkeudenmittauksella. Vuonna 1995 mittauksissa on tehty muutamia uusia pisteitä, joissa perässä on merkintä GPS, mutta niihin korkeudet on myös otettu tuosta 1994 tasoituksesta.

### 3.3 Korkeuskäyrien korkeuden muuttaminen uuteen järjestelmään

Korkeusjärjestelmän muutostyön suunnittelussa tasojärjestelmämuunnoksen yhteydessä ongelmiksi koituivat korkeustietoa sisältävien kohteiden korkeuden muuntaminen ja korkeuskäyrien muuntaminen tasametriseksi johto- ja välikäyriksi. Korkeus tiedon tarkkuuden säilyminen on erityisen tärkeää esimerkiksi johtotiedoissa, maastomalliai-

neistoissa ja korkeuspisteissä. Aineistomuunnoksia suunniteltaessa pitää kuitenkin aina pohtia, kuinka tarkkaa korkeustieto aineistossa on. Sen perusteella voidaan arvioida, voidaanko aineisto muuntaa N2000-korkeuteen jo ilman vaaituksia laskettavan vakiokorjauksen perusteella.

Korkeuskäyrät voisi muuntaa heti, kun järjestelmien korkeuseron saa selville. Tällöin korkeuslukemat eivät olisi tasametrisiä lukemia. Esimerkiksi, jos aikaisemmin korkeuskäyrän lukema on ollut 100, näin muunnettuna siihen tulisi lukemaksi 100.289. Uusien korkeuskäyrien luominen jouduttaisiin joka tapauksessa suorittamaan ennen pitkää. Korkeuskäyrien tekemisessä voidaan hyödyntää Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistoa, jonka avulla haja-asutusalueelle käyriä on tehty aiemminkin kaavoituksen tarpeisiin. Ratkaistava oli myös, tarvitseeko täydellistä korkeuskäyrästä olla käytettävissä kaava-alueiden ulkopuolella.

### 3.4 Hinta, resurssit ja tehtäväjako

N2000-käyttöönotto vaatii paljon ennakkopohdintaa. On muun muassa selvítettävä kaikkien yksiköiden sitoutuminen projektiin, työnjako, budjetointi ja muut huomioitavat tekijät. Aluksi, kun oletuksena oli, että vaaituksia tarvitaan. Tämän jälkeen piti miettiä, kuka tekee työn. Forssan kaupungilla ei ole käytössään omaa tarkkavaaituskalustoa, mutta Geotrim Oy:ltä tehtyjen tiedustelujen perusteella hankinta-/vuokraushinta olisi melko pieni verrattuna konsultin tekemien mittauksen hintaan. Toinen kysymys oli, onko Forssan kaupungin mittamiehillä tarvittava tietotaito tarkkavaaitusten suorittamiseen, koska tällaisia mittauksia ei ole tehty. Toisaalta, jos tietotaito opeteltaisiin nyt, voisi sitä hyödyntää myös myöhemmin.

Toinen vaihtoehto työn suorittamiselle oli teettää se konsultilla, joka olisi paljon kalliimpaa kuin itse tehty työ. Toisaalta konsultilla olisi kokemusta jo aiemmista samanlaisista projekteista, jolloin tulisi paras menetelmä valittua ja näin ollen saataisiin myös parempi lopputulos. Paras vaihtoehto kuitenkin olisi, että valittaisiin mittauksia tekemään korkeusjärjestelmien muunnostyössä kokenut henkilö tai henkilöt ja Forssan kaupungin mittamiehet voisivat toimia mittauksessa mahdollisina apuhenkilöinä ja näin oppia. Myöhemmin kaupungin mittamiehet voisivat tehdä tarkistusmittauksia.

Saara Patronen Tuusulan kunnalla on tehnyt selvityksen, mitä kunnan N2000-korkeusjärjestelmän muutos tulisi maksamaan ” Tuusulan kunnan korkeusjärjestelmän vaihdoksen kokonaiskustannuksiksi on arvioitu 200 000–400 000 euroa. Hintahaitari on laaja, sillä arvio perustuu pinta-alavertailuun muiden kuntien vastaavien projektien suhteen (mm. Lahti ja Kerava) ja aikaisempiin kokemuksiin (EUREF-projekti, kaavanpohjakartta).” Tuusulan kunta vaihtoi korkeusjärjestelmänsä vuoden 2016 aikana, ja ennakkoarvioiden mukaiset hinnat jäivät paljon alhaisemmiksi. (Patronen 2015.)

Mikäli arkistosta löydettyjen vanhojen aineistojen perusteella tehty tasointi onnistuisi hyvin ja lisämittauksia ei tarvittaisi, olisi säästö melkoinen. Jukka Hakala Geopixel Oy:stä arvioi, että jos vanhaa aineistoa ei voi käyttää, tarvittaisiin lisämittauksia koko Forssan alueelle ja niihin kuluisi arviolta kolme kuukautta aikaa. Koska Forssan kaupungilla ei ole tarkkavaaituskalustoa, pitäisi mittaukset ostaa ulkopuoliselta mittausalan konsultilta. Keskimäärin mittafirmat ennakkotiedustelujen perusteella veloittavat noin 60 €/tunti ja matkakulut ovat keskimäärin 0,50 €/km. Näin laskettuna, jos kaksi miestä tulisi mittaamaan, hinta 60 €/h 60 pv (3 kk), olisi pelkän työn osuus ollut 7 200 € ja siihen matkakulut esim. Tampereelta n. 100 km kerrottuna kilometrikorvaus 0,50 €/km, hinnaksi olisi tullut lisää 3 000 €. Yhteensä hinta olisi ollut vähintään 10 000 € ja siihen mahdolliset päivärahat päälle.

Jos korkeuskäyrien muokkauksen teettää ulkopuolisella, siitä tulee kustannuksia. Hinta ei kuitenkaan tule olemaan niin suuri, että aineistoa kannattaisi omana työnä lähteä käsittelemään, koska työtä varten pitäisi ostaa erillinen ohjelmisto. Nurmijärvelle teetettiin korkeuskäyrät ulkopuolisen konsultin toimesta vuonna 2014. Koska Nurmijärvelle tehtyjen hintatiedustelujen perusteella selvisi, että korkeuskäyrien teettäminen konsultin toimesta sopisi myös Forssan korkeuskäyräprojektin budjettiin, päätettiin Forssaan myös tilata korkeuskäyrien teettäminen konsultilta. Paikkatietojärjestelmän toimittaja eli Trimble Solutions tekee korkeusjärjestelmän muutoksen Trimble Locus, NIS ja Tekla Civil -ohjelmistoihin, ja tästä yritys laskuttaa työaikaveloitteisen hinnan.

### 3.5 Aikataulu

Korkeusjärjestelmän muutos tuli tehdä mahdollisimman pian, koska enenevässä määrin alkaa suunnitelmat ja piirustukset olla N2000-korkeusjärjestelmässä. Aina kun muunnoksia joudutaan tekemään, on virheen mahdollisuus suuri. Viimeistään vuoteen 2020 tulisi INSPIRE-direktiivin ja sen pohjalta annettujen komission asetusten mukaan toteuttaa paikkatiedon infrastruktuurin yhdenmukaisuus. Alun perin Forssan kaupungilla oli tarkoituksena tehdä korkeusjärjestelmän muutos vuosien 2017–2018 aikana. Koska projektin aloitus viivästyi 2017 keväälle, arvioitiin projektia kunnolla käynnistettäessä, että uusi korkeusjärjestelmä olisi käytössä, tarkistettuna ja korkeuskäyrineen valmiina aikaisintaan alkuvuodesta 2018.

### 3.6 Korkeusjärjestelmien muutokset muilla paikkakunnilla

#### 3.6.1 Seutukuntien korkeusjärjestelmän muutos

Forssa on ylläpitäjänä Trimble Locus -paikkatietojärjestelmässä, jota kaikki seutukunnat käyttävät. Selvitettäväksi tuli työn alussa, pystyykö Locus-paikkatietojärjestelmässä muuntamaan vain yhden kunnan korkeusjärjestelmän kerralla vai pitäisikö korkeusjärjestelmän muunnos tehdä seutukunnallisesti samalla kerralla. Tasojärjestelmän muutos tehtiin koko seutukunnalle samalla kerralla vuonna 2010.

Trimblestä tehtyjen kyselyjen mukaan edullisemmaksi tulisi heidän osaltaan, jos korkeusjärjestelmän muutos tehtäisiin koko seutukunnalle samalla kerralla (Nyman 2015). Järjestelmien kannalta muunnokset voidaan tehdä eri aikaan eri kunnissa, mutta tuolloin kokonaiskustannus kasvaa, sillä aina tehdään ensi esikonversio ja sitten vatsa tuotantokonversion. Kustakin erillisestä muunnoksesta ja erillisestä alueesta aiheutuu lisätyötä ja niin ollen myös lisäkustannus.

Seutukunnilta tehtyjen kyselyjen mukaan myös muut kunnat, ainakin Tammela, Jokioinen ja Somero, ovat myötämielisiä korkeusjärjestelmän muutoksen tekemiseen yhdessä. Toisin sanoen Forssa hoitaa järjestelyn ja työn ja lähettää laskun muille. Seutukunnilta tuli pyyntö, että kustannusarvio olisi saatavilla mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta rahat saataisi varattu seuraavan vuoden talousarvioon. Koska projektin aloitus venyi ja sen toteutuksessa ei muilla kunnilla ollut mitään kiirettä eikä toiveita,



päätettiin Forssassa toteuttaa projektin suunnittelu pelkästään Forssan kaupungin osalta.

### 3.6.2 Seutukunnan muiden kuntien korkeusjärjestelmien tilanne

Forssan seutukunnilla on käytössään lähtökohtaisesti N60-korkeusjärjestelmä. Jokioisten kunnalla on lisäksi kantakartta-alue ja kiintopisteet ovat N43-korkeusjärjestelmässä. Käytännössä, kun parametrit on saatu mitattua, järjestelmän kannalta muut kunnat eivät tuota sen suurempia ongelmia. Marraskuussa 2015 ilmeni, että Someron kaupunki on tehnyt omalta osaltaan itsenäisesti korkeusjärjestelmän muutoksen N60-järjestelmästä N2000-järjestelmään. Tämä ei aiheuta muita toimenpiteitä tähän työhön, kuin että Somero pitää rajata mittauksien ja muunnoksen ulkopuolelle. Someron Kaupunki oli tilannut Blom Kartta Oy:ltä pohjakartan uudelleen mittauksen ja ilmakuvauksen keväällä 2017.

Tämänhetkisten tietojen mukaan Somerolla on käytössään Forssan Vesihuoltoliiketoiminnan kanssa yhteisessä kannassa putkitiedot Trimble NIS -järjestelmässä, jolloin heidän putkitietojensa ovat myös N2000-korkeusjärjestelmässä. Joka tapauksessa Somero pitää rajata korkeusmuunnosta tehdessä ulkopuolelle myös NIS-järjestelmästä, koska siirtokorjausluku on eri kuin Forssalla. Muilla seutukunnilla putkitiedot eivät ole NIS-järjestelmässä, vaan heillä on omat erilliset järjestelmät putkitietojen ylläpitämiseen.

### 3.6.3 Miten muilla paikkakunnilla on muutos tehty?

Salon kaupunkiin tehtyjen kyselyjen perusteella oli sille korkeusjärjestelmän muutoksen tehnyt Blom Kartta Oy. Salossa on tehty kuntayhdistyminen vuonna 2009, joten Salon korkeusjärjestelmän muutoksessa oli pitänyt ottaa myös huomioon yhdistyneiden kuntien korkeusjärjestelmät. Blom Kartta teki esiselvityksen Saloon, ja mittauksien tuli Blom Kartan kautta käytännössä vain työnjohto, koska Salon kaupungilla on käytössä omat mittamiehet, haluttiin säästää kustannuksissa ja käyttää omaa henkilöstöä. Tämä olisi varmasti ollut myös Forssan kannalta toimiva ratkaisu, mikäli lisävaaituksia olisi tarvittu. (Vainio 2017.)

Keuruun kaupungilla tehtiin korkeusjärjestelmän muutos vuonna 2013. Selvitystyön Keuruu tilasi Geopixel Oy:n Jukka Hakalalta ja Tampereen Rajamerkki Oy:ltä tarkkavaaitukset ja laskennat noin 60 km:n N2000-korkeusjärjestelmää varten. (Korhonen 2017.)

Tuusulan kunnalla korkeusjärjestelmän muutos tehtiin myös erillisenä projektinaan eikä siis tasojärjestelmän kanssa samaan aikaan. Tuusulassa tarvittiin tarkkavaaituksia, joten sen vuoksi projekti oli paljon monimutkaisempi kuin Forssassa. Tuusulassa SITO Oy:n laatiman mittaussuunnitelman mukaiset mittaukset suoritti Destia Oy. Tuusulan N2000-korkeuskiintopisteverkon tasoituslaskennan suoritti Geopixel Oy:n Jukka Hakala, kuten siis Forssassakin. (Patronen 2015.)

## **4 Korkeusjärjestelmään siirtymiseen liittyvät työvaiheet**

### **4.1 Selvitystyö**

Osallistuin vuonna 2016 syksyllä Blom Kartta Oy:n järjestämään N2000-webinaariin, saadakseni lisätietoa korkeusjärjestelmän muutostyöhön. Kun korkeusjärjestelmän muutos projektia aloiteltiin, otettiin ensin yhteyttä Blom Kartta Oy:hyn ja pyydettiin sieltä alustavaa hinta-arviota, jotta osattiin varata tarpeeksi rahaa hankkeeseen. Blom Kartta ei pystynyt hinta-arviota antamaan, koska he jakavat korkeusjärjestelmän muutosprojektin kahteen vaiheeseen: selvitystyöhön ja varsinaiseen muunnostyöhön. Blom Kartta Oy:n Mikko Saloselle lähetetyssä sähköpostikyselyssä kysyttiin, voiko selvitystyötä oikaista? Salosen vastaus oli, että ei voi oikaista, koska olemassa olevien aineistojen hyödyntäminen ja mittausarve pitää selvittää ja sitä työtä ei voi tehdä esimerkiksi asiaan perehtymätön mittausalan konsultti. Selvitystyöstä oikaisu aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia ja korkeusjärjestelmämuutoksia, jotka eivät täytä JHS-suosituksen vaatimuksia.

Päätettiin kysyä myös Keuruun kaupungilta, miten siellä oli korkeusjärjestelmän muutos hoidettu. Keuruulle selvitystyön oli tehnyt Geopixel Oy, joten päätettiin pyytää Forssaan tarjous myös sieltä. Virallista tarjouspyyntöä varten Geopixelille piti lähettää korkeuskiintopisteverkon (koordinaatit ja korkeudet) tekstitiedostona ja tiedot siitä, minkälaisessa tarkkuudessa Forssassa korkeusjärjestelmän muutos halutaan tehdä. Selvitystyö tilattiin Geopixel Oy:ltä.

### **4.2 Muunnosvaihtoehdot**

Alun perin oletus oli, että korkeusjärjestelmävaihdos vaatii vaatusmittauksia ja niitä tarvittaisiin koko Forssan alueelle. Koska arkistosta löytyi hyvät taustatiedot, päätettiin tehdä muunnostestaus havaintoaineistoilla. Testattiin millainen verkosta tulisi, jos se toteutettaisiin pelkästään arkistoituja tarkkavaaitushavainnoja käyttäen, ilman maastomittauksia. Muunnosvaihtoehtoina arkistoiduille tarkkavaaitushavainnoille olleet maastomittaukset päätettiin hylätä ja tehdä korkeusjärjestelmän muutos ilman maastomittauksia.

Koeaineistolla tehdyn testitasoituksen jälkeen käynnistetty hanke onnistui hyvin, ja se on mainio esimerkki asianmukaisesti mitatun ja arkistoidun havaintoaineiston käyttökelpoisuudesta myöhemmän ajankohtana tehdyssä verkon tasoituksessa uudessa korkeusjärjestelmässä. Verkkotasointu osoitti tarkkavaaitushavaintojen hyvän keskinäisen yhteensopivuuden sekä verkon ja N2000-lähtöpisteiden hyvän tarkkuuden. Verkossa käytetyt N2000-lähtöpisteet olivat GL/MML:n 2.–3. -luokkien korkeuspisteitä, jotka osoittautuivat tasoituksessa laadultaan moitteettomiksi yhtä selvästi liikkunutta pistettä lukuun ottamatta. (Hakala 2017b.)

#### 4.3 Laskennan lähtötilanne

Forssan keskustan (korkeusjärjestelmä NF) pohjakartta-alueen pinta-ala on noin 50 km<sup>2</sup>. Haja-asutusalueen pinta-ala on noin 204 km<sup>2</sup>. Tähän pinta-alaan sisältyvät Kojjärven (korkeusjärjestelmä N60) pohjakartta-alue (pinta-ala noin 11 km<sup>2</sup>) ja Matkun (korkeusjärjestelmä N60) pohjakartta-alue (pinta-ala noin 6 km<sup>2</sup>).

Forssan pohjakartta-alueilla on vain 4 kappaletta valtakunnallisia ylemmän luokan korkeuskiintopisteitä. Alustavan arvion mukaan ne kuitenkin riittivät korkeusjärjestelmävaihdoksen lähtöpisteiksi. Forssassa on oma kiintopisteverkko tarpeeksi tiheä (korkeuskiintopisteitä on kaupungin alueella 183), minkä ansiosta koko kiintopisteverkkoa ei ollut tarpeen mitata uudestaan. Verkossa oli alkutilanteessa mukana yhteensä 12 kappaletta Maanmittauslaitoksen valtakunnallista ylemmän luokan N2000-lähtöpisteitä ja tasoitettavia korkeuspisteitä oli vastaavasti yhteensä 200 kappaletta. Hyvää mittausperiaatetta noudatettaessa mitattavan pisteistön tuli jäädä kokonaisuudessaan lähtöpisteistön kattaman alueen sisälle, jolloin virheiden kasautuminen verkossa tapahtuisi optimaalisella tavalla. Tämä periaate toteutuu Forssan verkossa hyvin, sillä N2000-lähtöpisteiden kattavuus oli varsin tasainen yli koko verkon alueen sen lounaiskulmaa lukuun ottamatta. (Hakala 2017b.)

#### 4.4 Siirtokorjaus

Työssä on selvitetty Forssan kaupungin alueella olevien NF- ja N2000-korkeusjärjestelmien yleistilanne v. 2017 ja laskettu NF ↔ N2000-siirtokorjausmallit kaupungin numeerisen aineiston muuntamista varten.

Numeerisen kartta- ym. aineiston muuntaminen tehdään yleensä yhdellä siirtokorjauksella. Tarkka siirtyminen korkeusjärjestelmästä toiseen, eli perusrunkorunkoverkon uudistus, tehdään aina tarkkavaaituksella tai vanhoja havaintoja käyttäen tai niiden yhdistelmällä.

Korkeusverkon alemman luokan käyttöpisteitä voidaan muuntaa pelkällä siirtokorjauksella, mikäli muunnosvirhe on riittävän pieni. Muunnettuihin käyttöpisteisiin täytyy aina liittää tieto siitä, että ne ovat muunnettuja ja pyöristää korkeusarvot lähimpään senttimetrilukemaan. Muunnettaessa numeerista aineistoa korkeusjärjestelmästä toiseen ja takaisin siirretään yhdellä siirtokorjauksella tai joissain tapauksissa ketjuttamalla tarvittaessa useampi siirtokorjaus peräkkäin. (Hakala 2017b.)

Erillisjärjestelmissä, kuten Forssan NF-korkeusjärjestelmä, paikallinen siirtokorjausmalli on määritettävä tapauskohtaisesti. Siirtokorjaus lasketaan kohdealueelle sovittamalla havaintoaineistoon eli korkeusjärjestelmien välisiin korkeuseroihin mahdollisimman sopiva PNS-muunnosmalli. Mallinnus edellyttää, että pisteiden korkeudet on tuotettu sekä lähtö-että tulojärjestelmässä tarkkavaaitushavaintoihin perustuen. Jäännösvirheiden (kuva 3) avulla voidaan arvioida pisteittäin verkossa olevien pisteiden yhteensopivuutta.

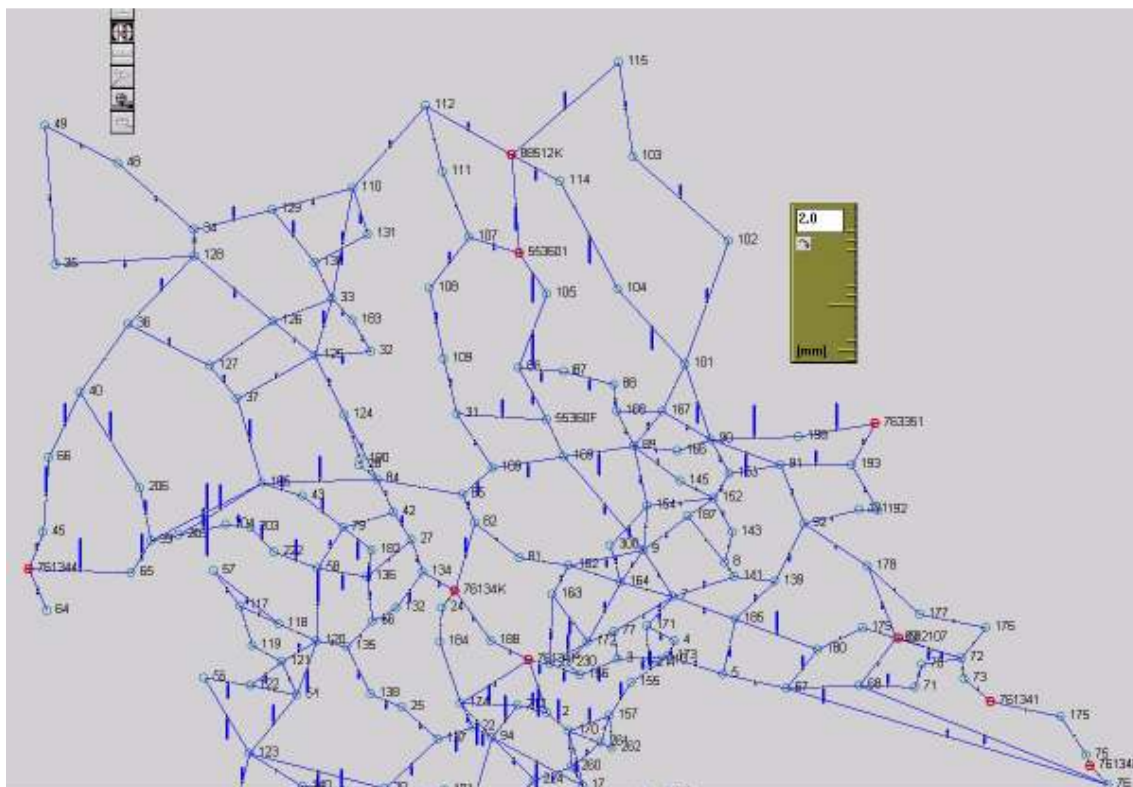
Yleisesti käytetty malli on korkeusjärjestelmien yhteisten pisteiden korkeuseroihin sovitettava lineaarinen polynomipinta eli kalteva PNS-taso.

1. asteen polynomi / kalteva PNS -taso:  $dH = H_0 + a_{10}x + a_{01}y$

Muunnosmallin 3 parametria kuvaavat korkeuserojen käyttäytymistä kohdealueella:

- korkeuden vakiosiirto  $H_0$
- kallistus x – akselin ympäri  $a_{10}$
- kallistus y – akselin ympäri  $a_{01}$ .

Kallistukset mallintavat mahdollista maannousun vaikutusta kohdealueella. Tosin pienellä alueella, kuten Forssan kantakaupungin tarkkavaaitusverkko, sen vaikutukset ovat vähäiset. (Hakala 2017b.)



Kuva 3. Kuvassa on esitetty Forssan N2000-verkon jäännösvirheet. Mittatikun yksi jakoväli on 1 mm. Havainnollisuuden vuoksi jäännösvirheitä on korostettu kertoimella 2x. (Hakala 2017b.)

## 4.5 Laskenta

### 4.5.1 Vapaanverkon tasoitus

Verkkotasoituksen ensimmäisessä vaiheessa laskettiin vapaan verkon tasoitus, jossa olivat mukana ainoastaan kaikki korkeuserohavainnot dH. Vapaan verkon menetelmällä voidaan todeta vaaitushavaintojen keskinäinen yhteensopivuus ilman lähtöpisteiden mahdollista vääristävää vaikutusta. Mitä runsaammin verkossa on solmupisteitä eli silmukkamaisuutta, sitä suotuisampi verkon rakenne on verkkotasoituksen kannalta. Tasoitus osoitti verkon korkeuserohavaintojen sopivan varsin hyvin yhteen, ja tasoituksesta saatu vaaituksen todellista tarkkuutta kuvaava kilometrikeskivirhe oli  $\pm 3.25 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$ . Vapaan verkon tasoituksen jälkeen vaaitusverkko liitettiin valtakunnalliseen N2000-korkeusdatumiin valtakunnallisten korkeuslähtöpisteiden avulla. Niitä oli lähtötilanteessa yht. 12 kpl, mutta tasoituksessa jouduttiin hylkäämään yksi N2000-lähtöpiste siinä olevan karkean virheen (painuma) vuoksi. Forssan N2000-verkon suhteellinen tarkkuus on keskimäärin  $< 5 \text{ ppm}$  sellaisilla pulttiväleillä,

jotka ovat vähintään 300 m, ja se näyttäisi sopivalta pulttivälin vähimmäispituudelta  $\pm 3.25 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$ -kilometrikeskivirheellä vaaitussa verkossa. Lyhyitä pulttivälejä lukuun ottamatta Forssan N2000-tarkkavaaitusverkko täyttää voimassa olevan ”JHS 185 Asemakaavan pohjakartan laatiminen” -ohjeistuksen mukaisen tarkkavaaituksen suhteellisen tarkkuuden vaatimuksen  $\leq 5 \text{ ppm}$ . Keskimääräinen tasoitettu korkeuskeskivirhe on  $\text{mH} \pm 2.2 \text{ mm}$  eli Forssan N2000-korkeusverkko on tarkka. Tasoitettujen pisteiden korkeuskeskivirheet ovat myös varsin tasalaatuiset koko verkon alueella, mikä johtuu lähtöpisteiden suuresta määrästä ja niiden hyvästä jakaumasta. (Hakala 2017b.)

#### 4.5.2 Siirtokorjauksen laskenta

Forssan alueelle määritettiin kaksi eri siirtokorjausta:

- NF  $\leftrightarrow$  N2000 – siirtokorjaus kantakaupunkiin eli ”vanhan Forssan” alueelle
- N60  $\leftrightarrow$  N2000 – siirtokorjaus kantakaupunkiin ja haja-asutusalueelle.

Havaintoaineistoon eli kantakaupungin alueen kattaviin N2000-NF-korkeuseroihin dH sovitettiin kummatkin em. muunnosmallit, jotka tuottivat käytännössä identtiset lopputulokset. Korkeusjärjestelmien välillä ei ollut havaittavissa mitään merkittävää kallistuseroa verkkojen yhteisellä peittoalueella, joten lopullinen siirtokorjauksen määrittäminen tehtiin vaakasuoran PNS-tason mallilla. Korkeusjärjestelmien välinen siirto tehdään kantakaupungin yhdellä vakiosiirolla H0, joka pätee vain korkeusjärjestelmien yhteisellä peittoalueella.

Vaakasuoran tason sovittamisella määritetyt vakiosiirot eli siirtokorjaukset H0 ovat Forssan kohdealueella seuraavanlaiset:

**Forssan kantakaupungin NF  $\leftrightarrow$  N2000 – siirtokorjaus H0: + 0.4660 m**

**Forssan kantakaupungin N2000  $\leftrightarrow$  NF – siirtokorjaus H0: -0.4660 m**

Vaakasuoran tason sovituksen keskivirhe oli  $\pm 2.0 \text{ mm}$ , joka ilmaisee NF- ja N2000-korkeusjärjestelmien mainion keskinäisen istuvuuden sekä muunnoksen

aiheuttaman keskimääräisen muunnosvirheen suuruuden kohdealueen korkeuksia muunnettaessa.

Määritetyn siirtokorjauksen tarkkuus riittää mainiosti erityyppisten paikkatietoaineistojen korkeusmuunnoksiin. Muunnoksen aiheuttama virhe on merkittävästi pienempi kuin käytössä olevan muunnettavan aineiston korkeuskeskivirhe (esim. numeeriset kartat, laserkeilaus).

Havaintoaineistoon eli koko Forssan alueen kattaviin N2000–N60-korkeuseroihin dH sovitettiin kummatkin em. muunnosmallit. Muunnosmallien jäännösvirheistä paljastui niiden systemaattinen käyttäytyminen pisteistön pohjois-eteläsuunnassa. Tarkemman analyysin tuloksena selvisi, että kyseinen ilmiö ei johdu maannousemasta. Haja-asutusalueen N2000–N60-korkeuserot osoittautuivat keskimäärin n. 14 mm suuremmiksi kuin vastaavat erot kantakaupungin alueella. Kyseinen systemaattinen ero on todennäköisesti syntynyt v. 1994 kantakaupungin N60-verkon tasoituksessa. Ilmiön vuoksi Forssan kaupungin alueelle määritettiin omat siirtokorjauksensa kantakaupungin alueelle ja haja-asutusalueelle

Vaakasuoran tason sovittamisella määritetyt vakiosirrot eli siirtokorjaukset  $H_0$  ovat Forssan kantakaupungin alueella seuraavat:

**Forssan kantakaupungin N60 ↔ N2000 – siirtokorjaus  $H_0$ : + 0.2760 m**

**Forssan kantakaupungin N2000 ↔ N60 – siirtokorjaus  $H_0$ : –0.2760 m**

Vaakasuoran tason sovittamisella määritetyt vakiosirrot eli siirtokorjaukset  $H_0$  ovat Forssan haja-asutusalueella seuraavanlaiset:

**Forssan haja-asutusalueen N60 ↔ N2000 – siirtokorjaus  $H_0$ : + 0.2899 m**

**Forssan haja-asutusalueen N2000 ↔ N60 – siirtokorjaus  $H_0$ : –0.2899 m**

Haja-asutusalueen muunnoksessa oli mukana käytettäviä korkeuspisteitä yhteensä 34 kappaletta. Korkeusjärjestelmien välillä ei ollut havaittavissa mitään merkittävää kallistuseroa verkkojen yhteisellä peittoalueella



Vaakasuoran tason sovituksen keskivirhe oli  $\sim \pm 6.0$  mm, joka ilmaisee NF- ja N2000-korkeusjärjestelmien varsin hyvän keskinäisen sopivuuden sekä muunnoksen aiheuttaman keskimääräisen muunnosvirheen suuruuden kohdealueen korkeuksia muunnettaessa. (Hakala 2017b.)

#### 4.6 Korkeuskäyrästön ajantasaistaminen

Laserkeilaamalla tuotettua aineistoa kutsutaan pistepilveksi. Se on kolmiulotteista kartoitustietoa, jossa pisteet edustavat niitä kohteita, joista laserpulssit ovat mittauksen aikana heijastuneet. Jokaiselle pisteelle on mittauksessa rekisteröity tasokoordinaatit X ja Y sekä korkeustieto Z. (Maanmittauslaitos 2017.) Laserkeilauksen suurimpia etuja on se, että pienet esteet, esimerkiksi puun oksisto, eivät estä laserpulssin etenemistä. Tällöin mittaaminen on nopeampaa tarkempaa ja kerätyn tiedon määrä suurempaa kuin perinteisillä mittausmenetelmillä, esimerkiksi takymetrillä mitatessa. Korkeuskäyriksi kutsutaan viivoja, jotka kuvaavat maaston korkeussuhteita ja muotoja yleistämällä tarpeettomia ja korostamalla oleellisia muotoja. JHS 185 -suosituksen 3. liitteessä määritellään pohjakartan kohteet. Kohdeluokan kohdetyppejä ovat korkeuskäyrien lisäksi maanpinnan korkeusluvut ja rinneviivat. Korkeuskäyrätyyppejä ovat johtokäyrä, välikäyrä ja apukäyrä. Esitettävät samanarvokäyrät valitaan riippuen pohjakartan mittausluokasta: 1. ja 2. mittausluokassa käytetään yhden metrin käyräväliä ja 3. mittausluokassa kahden metrin käyräväliä.

- johtokäyrä: 5, 10, 15 ... metrin käyrät
- välikäyrä: 1, 2, 3, 4 ... metrin käyrät
- apukäyrä: tarvittaessa puolen metrin välein välikäyrien väliin.

(JHS 185, liite 3.)

Korkeuskäyrät ovat perinteisin ja yleisin tapa korkeuden visualisointiin. Maanmittauslaitokselta saa ladattua laserkeilausaineistoa. Aineisto on automaattisesti maanpintaluokiteltua pisteaineistoa, joka tehty N2000-korkeusjärjestelmässä ja EUREF-FIN (ETRS-TM35FIN)-tasojärjestelmässä.

Forssassa korkeuskäyrien muuntaminen päätettiin tehdä Maanmittauslaitoksen 3D-pistepilvien aineistosta, koska se riittää Forssan tarpeisiin. Käyrät tuotetaan Maanmittauslaitoksen uusinta laserkeilausaineistoa hyödyntäen

N2000-korkeusjärjestelmässä ja ETRS-GK24-tasokoordinaatistossa. Lähtötietona käytetään Maanmittauslaitoksen uusinta laserkeilausaineistoa, joka on tarkastettu ja luokitettu maanpintaan. Forssaan ei siis tarvita uutta laserkeilausta, koska tarkemmalle 3D-datalle ole muuta tarvetta. Nykyajan muuttuneet vaatimukset, esimerkiksi 3D-suunnitteluun siirtymisen vuoksi, ovat tuoneet lisähaasteita aineistojen kehittämiseen. 3D-suunnittelussa eivät riitä enää kaksiulotteisten kohteiden sijaintitiedot, vaan kohteille tarvitaan myös täsmällistä korkeustietoa. Korkeuskäyrillä on kaavoituksessa tärkeä tehtävä, sillä ne kertovat maaston muodon ja alueella sijaitsevien rakenteiden korkeustason. Tämän vuoksi kaupungin korkeustieto on entistä kysytympää tietoa, joten sen tulee olla myös ajantasaista. Numeerisen kantakartta-aineiston jakelumuotona on yleensä autodeskin DWG-formaatti. Yhä harvemmin aineistoa toimitetaan paperille tulostettuna karttana. Forssassa on nyt jo käytössä Trimble Locus -ohjelmistossa sovellus, jolla voi luoda 3D-aineistoa. 3D-aineistojen tekeminen on jäänyt vähäiseksi, koska korkeusaineisto alkaa olla niin vanhaa ja kohteita, joiden korkeustieto kartalla on nolla, on niin paljon.

Uudet korkeuskäyrät päätettiin tehdä kantakartan noin 50 km<sup>2</sup>:n alueelta, mutta tarjouspyyntöön laitettiin alueeksi koko Forssan kaupungin alue, jotta käyrästä voisi laajentaa tarvittaessa myös haja-asutusalueelle. Käytännössä kantakartalla tarkoitetaan samaa asiaa kuin kaavan pohjakartalla. Yleensä kantakartta-alue on kaava-aluetta laajempi ja kaavahankkeeseen tarvittava pohjakartta-aineisto irrotetaan kantakartalta. Forssan korkeuskäyristä tekemä tarjouspyyntö Cloudia-hankintajärjestelmään on liitteessä 2. Korkeuskäyrien tuottajaksi valittiin TerraTec Oy.

Aineistosta muodostettiin maanpintamalli, josta laskettiin korkeuskäyrät. Forssan kaupunki luovutti konsultille työtä varten hallussaan olevan pohjakartta-aineiston ja muut tarvittavat aineistot. Ensin konsultti laski laserpisteaineiston muunnoksen ETRS-GK24-tasokoordinaatistoon. Korkeusjärjestelmä Maanmittauslaitoksen aineistossa on N2000, joten sitä ei tarvinnut muuntaa. Kun korkeuskäyräaineisto oli saatu kuntoon, se pystyttiin viemään Trimble Locus -järjestelmään, tämän työvaiheen suoritti Trimble Solutions.

#### 4.7 Korkeuksien muuntaminen paikkatieto-ohjelmaan

Korkeusmuunnos on ohjelmien kannalta kohtuullisen selkeä asia, ja suunnittelulla saavutetaan hyvä tulos. Huomioitavia asioita on jonkin verran, joten asiaan tulee perehtyä kunnolla. Isoja mietittäviä asioita on asiasta asiakkaille/rakentajille viestiminen, eli miten varmistetaan, että rakentajat tietävät, minkä järjestelmän korkeuksia heillä on käytössään.

Käytännössä Locuksessa muutettavia asioita on kaksi eli kohteet, joilla on z-koordinaattitieto eli korkeus sekä korkeuskäyrät.

Kohteet, joilla on z-kenttä

- geometrysten kohteiden z-kenttien arvot.
- rekisterikohteiden z-kenttien arvot.
- laadunparannus: Esimerkiksi, jos tiedetään, että korkeus ei voi koskaan olla alle 10 m, voidaan konversion yhteydessä muuttaa kaikki tuollaiset korkeudet 0:ksi (voidaan siis korjata näppäilyvirheitä).

Korkeudet tietokannan muissa kuin z-kentissä

- Trimble Solutions voi tehdä listauksen, jossa etsitään korkeuksia esim. kaavakohteilta tekstikentistä.

Korkeuskäyrät

- Korkeusarvot eivät enää osu tasalukemiin.
- Muodostettava uudet korkeuskäyrät.
- Uudet käyrät on usein hankittu joltakin konsultilta.

(Lunden 2015.)

Forssan kaupungin kaava- ja viherosastoilla on käytössä Locuksen lisäksi myös Microstation Stella Map -ohjelma. Se ei kuitenkaan ole ongelma, koska kaava- ja viherosasto hakevat kartta- ja korkeusaineiston lukemalla sen dwg-tiedostona Trimble Locuksesta. Kun korkeusjärjestelmä muutos on tehty, on tärkeää informoida siitä myös kaupungin omaa henkilökuntaa.

Muunnos voidaan tehdä alueellisesti eli Locukseen piirretään alueet ja alueen tunnukselle annetaan esimerkiksi lähtökorkeuden nimi ja muunnos. Alueen sisällä olevien kohteiden korkeus konvertoidaan sitten annetulla luvulla. Alueryhmä Locuksessa on esimerkiksi nimelle aj\_N2000 ja alueen tunnukseksi (textadministrative tauluun) lähtöaineistoa kuvaava nimi, esimerkiksi N60\_Forssa\_27\_5, jossa 27\_5 tarkoittaisi, että alueella olevien kohteiden z:ihin pitää lisätä 27,5 cm ja että nyt oltaisiin korkeusjärjestelmässä N60. Joissakin tapauksissa Locukseen on tehty alueiden lisäksi vielä lajikoh- taisia muunnoksia eli alueen sisällä olevia kohteita on muutettu lajinumeron mukaan.

Käytännössä korkeusmuunnos tehtiin kahdessa osassa. Ensin tehtiin esikonversio eli testimuunnos ja testattiin, että aineisto on siirtynyt. Tämän jälkeen tehtiin tiedonsiirrot, joissa tehdään varsinainen korkeusmuunnos. Kun sen onnistumisesta oli varmistuttu, tehtiin muunnos tuotantokantaan. Tuotantotietokannan muunnos vaati muutaman päivän käyttökätkon.

Muunnoksen käytännön toteutus tehtiin seuraavasti:

- testikonversio viikolla X Locus / NIS Water/ Civil / -tietokanta ei muutoksia (-> ei käyttökätkoa)
- Locus/NIS-Water/Civil/ -testitietokantojen perustaminen
  - 1) tyhjennys
  - 2) pystytys varmistukselta
  - 3) konversio
- tuotantokonversio viikolla Y
- tietokantavarmistus tuotantokannasta
- Locus/NIS-Water/Civil/ -testitietokannat
  - 1) tyhjennys
  - 2) pystytys varmistukselta -> kanta jää vanhoihin korkeusjärjestelmiin
- Locus/NIS-Water/Civil -tietokanta
  - 1) konversio -> käyttökätko
- Locus tehtiin ensin kuntoon, kun se oli kunnossa, aloitettiin NIS Waterin ja Civilin muuntaminen.

(Lunden 2015.)

#### 4.8 Tiedottaminen ja keskeneräisten projektien korkeusjärjestelmät

Isoja mietittäviä asioita on asiasta viestiminen rakentajille ja muille asiakkaille eli miten varmistetaan, että rakentajat tietävät, minkä järjestelmän korkeuksia heillä on käytössään. Korkeusjärjestelmän vaihtohetkellä käynnissä olevat rakennushankkeet kannattaa toteuttaa vanhassa korkeusjärjestelmässä. Suunnitteluhankkeissa sen sijaan kannattaa tapauskohtaisesti harkita, vaihdetaanko korkeusjärjestelmä kesken suunnittelun vai tehdäänkö muunnos vasta valmiille suunnitelmille. Vanhoja valmiita suunnitelmia ei sen sijaan ole syytä muuntaa uuteen järjestelmään.

Kaupungin korkeustaso nousee uudistuksessa NF-alueella noin 45 senttimetriä ja N60-alueella noin 30 cm. Vanhan ja uuden järjestelmän eroa ei maastossa voi havaita silmämääräisesti. Rakennushankkeissa pitää huomioida kallistukset ja muut erot suunnitelmien ja todellisen maaston välillä, jos suunnitelma on N60- tai NF-järjestelmässä, mutta maastoon merkintä tehdään N2000-järjestelmässä. Rakennusprojektin kannalta on merkittävä virhe, jos rakennus ja viemärit tulevat n. 30 cm liian alas, koska silloin menevät kallistukset aivan väärin. Tämä voi aiheuttaa merkittäviä taloudellisia vahinkoja.

Maaperä- ja pohjatutkimistiedot, jotka on tallennettu numeeriseen muotoon, muunnetaan siirtokorjausten avulla, mutta niihin pitää saada laitettua selvästi merkintää siitä, missä korkeusjärjestelmässä tulokset ovat. Vanhoja tielinjoja, jotka ovat maaperätutkimusten lisäksi Tekla Civil -ohjelmistossa, ei varmasti ole tarkoituksen mukaista lähteä muuttamaan. Rasterimuotoista kuva-aineistoa ei tarvitse lähteä uudistamaan, ellei rasterikartoissa esiinny korkeuslukuja ja korkeuskäyriä ja niiden korkeuslukemia, jolloin rasterikuvat on korvattava uusilla, muunnetuista aineistoista tuotetuilla kuvilla.

Tiedottamisessa tärkeää on painottaa, että uusi järjestelmä on korkeammalla kuin vanha järjestelmä. Tällä tiedolla, kuka vain voi tarkistaa, kumpaa järjestelmää mikäkin korkeusluku on. On korostettava, että muunnosparametrit eivät päde kuin Forssan alueella, eli seutukunnat eivät voi käyttää samoja parametreja Forssan kanssa, vaan heille on laskettava omat lukemansa. Liitteenä (liite 1) on Forssan kaupungin verkkosivuille laitettu tiedote korkeusjärjestelmän muutoksesta noin puoli vuotta ennen kuin uuteen järjestelmään siirryttiin. Rakennusvalvonnan myönnettäviin, mutta ei vielä toteutuneisiin, rakennuslupiin pitää muunnoksen jälkeen merkitä, mitä korkeusjärjestelmää siinä sisältävissä korkeuslukemissa on käytetty.

#### 4.9 Pisteselityskortit

Korkeuskiintopisteiden osalta on otettava huomioon, että pisteet, joiden korkeus N2000-järjestelmässä on tuotettu muuntamalla, eivät runkomittauksissa enää kelpaa uusien vaatusjonojen lähtöpisteiksi. Niitä voidaan käyttää esim. korkeuden viemisessä rakennustyömaille, kartoitusmittausten lähtöpisteinä tms. päivittäisissä mittaustöissä. Forssassa on olemassa olevia korkeuskiintopisteitä 183 kappaletta, ja näille kaikille haluttiin saada myös jatkossa N2000-korkeus. Koettiin myös, että korkeuskiintopiste verkkoon tulisi saada myös lisää pisteitä. Uudistuksen tuloksena pitäisi ehdottomasti saada sekä vanhoille että uusille rakennettaville pisteille pisteselityskortit. Nämä pisteselityskortit päätettiin tehdä kaupungin omana työnä, sen jälkeen kun korkeudet on saatu järjestelmään muutettua.

## 5 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi korkeusjärjestelmän muutokseen liittyviä työvaiheita Forssassa vuonna 2017. Suunniteltaessa projektia varauduttiin laajoihin maastomittauksiin, toisin sanoen tarkkavaaituksiin, jotka olisi jouduttu tilaamaan ulkopuoliselta toimijalta, koska Forssan kaupungilla ei ole omia tarkkavaaituslaitteita eikä myöskään tarvittavaa osaamista/kokemusta tarkkavaaitusten tekemiseen. Forssassa oli projektiin lähdettäessä käytössä kaksi eri korkeusjärjestelmää NF-järjestelmä kantakartta-alueella ja N60-järjestelmä haja-asutusalueella. Koska arkistoista löytyi lopulta niin kattavat materiaalit vanhoista tarkkavaaituksista, sai Jukka Hakala Geopixel Oy:stä näitä aineistoja käyttämällä konsulttityönä tehtyä N2000-hankkeen erilaiset selvitykset ja PNS-verkkotasoitukset sekä korkeusjärjestelmien välisten siirtokorjausten laskennat

Lopputuloksena oli, että Forssassa on käytössä vain yksi korkeusjärjestelmä ja se on Euroopan Unionin INSPIRE-direktiivin mukainen N2000-korkeusjärjestelmä. ETRS-GK24-tasokoordinaattijärjestelmä oli otettu Forssassa käyttöön jo vuonna 2010, mutta silloin ei ollut uskallettu ryhtyä tekemään korkeusjärjestelmän muutosta samalla kertaa, jottei senkertainen projekti olisi paisunut liaksi.

### 5.1 Korkeusjärjestelmän muunnoslukujen selvittäminen

Jukka Hakala Geopixel Oy:stä oli tehnyt Forssan tasomuunnoksen vuonna 2012, ja hänen tietämyksensä ansiosta osasimme etsiä arkistosta oikeanlaisia aineistoja, jotka meidän jo eläkkeelle jäänyt kaupungingeodeettimme Rainer Suvanto lopulta löysi. Forssassa oli vuonna 1994 tehty kaupungin korkeuspisteverkon uudistaminen (Tolkki, Geodesian erikoistyö, TKK 1994). Arkistosta löytyi myös havaintoaineistoa, karttoja ja raportti tasoituselaskennasta, jossa muun muassa historiatietoa kaupungin korkeusjärjestelmästä. Vanhojen tarkkavaaitusaineistojen avulla Jukka Hakala laski Forssaan muunnosparametrit niin NF- kuin N60-korkeusjärjestelmillä, joilla aineistot muunnettiin N2000-korkeusjärjestelmään.

## 5.2 Korkeuskäyrät

Osana korkeusjärjestelmän muutosprojektia oli muutettava korkeuskäyrät tasaluvuiksi. Tasaluvuiksi muuttaminen ei onnistunut kuin tekemällä kokonaan uudet korkeuskäyrät. Forssan kaupungilla ei ole käytössään muita maanmittausohjelmistoja kuin Trimble Locus ja Tekla Civil. Näillä ohjelmistoilla korkeuskäyrien tuottaminen omana työnä olisi ollut kohtuuttoman työlästä ja aikaa vievää, joten päätettiin tilata korkeuskäyrät Terra Tec Oy -nimiseltä yhtiöltä.

## 5.3 Paikkatieto-ohjelmiin uuden korkeusjärjestelmän muuttaminen

Kun korkeuskäyrät ja muunnosparametrit oli saatu selville, ei ollut enää jäljellä kuin korkeusjärjestelmän muuttaminen Trimble Locus-, Tekla Civil- ja Trimble NIS -ohjelmistoihin. Paikkatieto-ohjelmistoihin tarvittiin muutosta varten parin päivän katkos ohjelmien käytössä, mutta käytännön työn hoiti järjestelmätoimittaja eli Trimble. Konversion kustannus oli Locus- ja NIS -järjestelmien osalta lähes saman verran, lisäksi tulivat suunnittelupalaveri- ja muut suunnittelukustannukset. Kustannus oli Trimblen osalta ennakoitua pienempi.

## 5.4 Tiedottaminen

Korkeusjärjestelmän muutoksesta tiedotettiin kaupungin verkkosivuilla (liite 1). Tämä oli ensimmäinen tiedote projektista, ja se tehtiin noin puoli vuotta ennen toteutunutta muutosta. Kaupungingeodeetti Aki Härmä tiedotti asiasta myös kaupungin johtoryhmässä jo heti, kun projektia aloitettiin toden teolla vuonna 2017 kesällä. Kun muunnokset ja korkeuskäyrät olivat valmiina, tiedotettiin kaupungin verkkosivuilla uudelleen. Toinen tiedote oli lähes samanmuotoinen kuin aiemmin, mutta tekstissä oli tarkka päivämäärä, koska muutos varsinaisesti oli tehty. Korkeusjärjestelmän muutos vaiheessa kaikkiin kaupungin suunnitelmiin tuli laittaa, missä korkeusjärjestelmässä suunnitelma oli tehty. Urakoitsijoille ja suunnittelijoille tuli tarkkaan painottaa, että korkeusjärjestelmän muutos oli nyt tehty ja uusi korkeusjärjestelmä on tästä eteenpäin N2000.



## 5.5 Seutukunnat ja mahdolliset tulevat ongelmat

Forssalla, Humppilalla, Jokioisilla, Somerolla, Tammelalla ja Ypäjällä on käytössään yhteinen paikkatietojärjestelmä Trimble Locus ja siihen liittyvät ohjelmisto-osiot, muun muassa WebInfo, WebMap ja Internet Karttapalvelu. Forssa toimii seudullisena palvelukeskuksena ja vastaa järjestelmän ylläpidosta ja kehittämisestä. Tämän yhteistyön puitteissa olisi ollut luontevaa, että Forssan ympäristökunnille olisi tehty korkeusjärjestelmän muunnos samaan aikaan Forssan kanssa ja näin alun perin vuonna 2015 oli tarkoituskin. Muut kunnat kuin Forssa eivät ottaneet kantaa muutoksen toteutukseen ja kanta oli, että Forssan kuuluu korkeusjärjestelmän muutos tehdä niillekin, koska Forssa on Locus -järjestelmän ylläpitokunta. Kyselyjä tehdessä selvisi, että Somero oli siirtynyt jo aiemmin N2000-järjestelmään, tosin muuttamalla vain korkeuskäyränsä N2000-korkeuksiin, muilla kantakartan kohteilla heillä ei korkeustietoa ole ollutkaan. Forssan kahden korkeusjärjestelmän lisäksi Jokioisilla oli kaksi järjestelmää sekä Tammelassa, Humppilassa ja Ypäjällä korkeusjärjestelmä N60. Joten muutoksen tekeminen yhdessä olisi teettänyt kohtuuttoman paljon lisätyötä Forssalle, verrattuna vain yksin oman muutoksen tekemiseen. Jos muutos olisi tehty yhdessä, olisi mittauksia tarvittu varmasti, ja niiden suunnittelu olisi varmasti jäänyt myös yksin Forssan tehtäväksi. Nyt Forssassa saatiin muutos tehtyä vanhojen tarkkavaaituslaskentojen avulla ja tämän vuoksi saatiin aikaan säästöä.

Johtotietojen arvoissa voi mahdollisesti ilmentyä myöhemmin ongelmia, joten kontrollien pitää olla vielä tarkempaa kuin tähän mennessä johtotietoja mitatessa. Jos tarkistusmittauksia päätetään tehdä, tulee mittaus tilata ulkopuoliselta, koska omia tarkkavaaitusvälineitä ei ole.

## Lähteet

Ahola Mikko, Musto Matti. 2011. Geodesian tietoisuus: Valtakunnallinen N60-N2000 -muunnos. Verkkoaineisto. Maanmittaus 86: 2, s. 32–41.  
[http://www.maanmittaustieteidenseura.fi/maanmittaus/2011\\_2\\_ahola\\_musto.pdf](http://www.maanmittaustieteidenseura.fi/maanmittaus/2011_2_ahola_musto.pdf) . Luettu 20.10.2017

Bilker-Koivula Mirjam, Ollikainen Matti. 2009. Tiedote 29, Suomen geoidimallit ja niiden käyttäminen korkeuden muunnoksissa. Verkkoaineisto. Geodeettinen laitos,  
<https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/fgi/GLtiedote29.pdf>.  
 Luettu 01.06.2017.

Hakala Jukka. 2017a. Toimitusjohtaja. Geopixel Oy. Puhelinhaastattelu. 30.3.2017.

Hakala Jukka. 2017b. Toimitusjohtaja. Geopixel Oy. Forssan kaupunki: N2000-verkon tasoitus

Häkli Pasi, Puupponen Jyrki, Koivula Hannu, Poutanen Markku. 2009. Tiedote 30 versio:10.12. Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muunnokset. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos.  
<https://maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/fgi/GLtiedote30.pdf> . Luettu 03.01.2018.

INSPIRE-direktiivi. 2017. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos.  
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/paikkatietojen-yhteiskaytto/inspire>>. Luettu 30.10.2017.

JHS 163 Suomen korkeusjärjestelmä N2000. 2007. Verkkoaineisto. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta (JUHTA). <<http://www.jhs-suositukset.fi/suomi/jhs163>> . Luettu 1.6.2017.

JHS XXX EUREF-FIN -koordinaattijärjestelmät, niihin liittyvät muunnokset ja karttalehtijako, Versio: 27.7.2015 palautekierrosta varten. Verkkoaineisto. JHS suositukset.  
[http://www.jhs-suositukset.fi/c/document\\_library/get\\_file?uuid=17467970-d396-49e4-b303-c8771f2e4b06&groupId=14](http://www.jhs-suositukset.fi/c/document_library/get_file?uuid=17467970-d396-49e4-b303-c8771f2e4b06&groupId=14) . Luettu 03.12.2017.

Korhonen Ville. 2017. Kaavasuunnittelija. Keuruun kaupunki. Puhelinhaastattelu. 28.3.2017.

Lunden Pirjo. 2015. Konsultti. Trimble Solutions. Sähköpostikysely. 3.6.2015.

Maanmittauslaitos. 2017. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston tuotekuvaus. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntevalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto>. Luettu 30.10.2017.

Nyman Katariina. 2015. Myyntikonsultti. Trimble Solutions. Haastattelu. 4.6.2015.

Patronen Saara. 2015. Maanmittausinsinööri. Tuusulan kunta. Sähköpostitse saatu Tuusulan kunnan N2000 esiselvitys. 10.3.2015.

Poutanen Markku. 2012. Maannousu . Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <http://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/maannousu> . Luettu 03.01.2018.

Saarelainen Jouko. 2005. Maaperäkartta. Verkkoaineisto. Geologian tutkimuskeskus. [http://tupa.gtk.fi/kartta/maaperakartta20/mps\\_333301.pdf](http://tupa.gtk.fi/kartta/maaperakartta20/mps_333301.pdf). Luettu 03.01.2018.

Salonen Mikko. 2017. Toimitusjohtaja (vaihtoi projektin aikana työpaikkaa). Blom Kartta Oy. Sähköpostihaastattelu. 29.3.2017.

Suvanto Rainer. 2017. Ent.kaupungingeodeetti. Haastattelu. Forssan kaupunki 3.4.2017

Tolkki Timo. 1994. Tekniikan ylioppilas. Forssan kaupungin korkeuspisteverkon uudistaminen; geodesian erikoistyö. TKK, Geodesian ja kartografian laboratorio.

Vainio Ari. 2017. Vs. kaupunkikehityspäällikkö, kaupungingeodeetti. Salon kaupunki. Sähköpostihaastattelu. 31.3.2017.

## Tiedote korkeusjärjestelmän vaihdosta

julkaistu: **28.06.2017**

Forssan kaupunki siirtyy vuoden 2018 alusta alkaen käyttämään uutta valtakunnallista N2000- korkeusjärjestelmää. Kaupunki on siirtynyt jo aikaisemmin käyttämään uutta valtakunnallista EUREF FIN/ ETRS-GK24 – tasokoordinaatistoa.

Forssan kaupungilla on käytössä kaksi eri korkeusjärjestelmää, kantakaupungin alueella oma erillinen korkeusjärjestelmä NF (lähellä valtakunnallista NN-järjestelmää) ja haja-asutusalueella N60-korkeusjärjestelmä. Korkeusjärjestelmän muutos perustuu julkisen hallinnon suositukseen (JHS 163). Maanpinta kohoaa jääkauden aiheuttaman painumisen palautuessa. Korkeusjärjestelmiä joudutaan tästä syystä uusimaan n. 40 – 50 vuoden välein. Maankohoaminen on erilaista eri puolella Suomea. Forssan vanhan NF-korkeusjärjestelmän ja uuden N2000 – järjestelmän ero esimerkiksi kaupungin keskustassa on noin +0.47 metriä. N60-korkeusjärjestelmän ja N2000-järjestelmän ero haja-asutusalueella ero on +0.29 metriä.

Siirtymispäivästä 1.1.2018 alkaen kaupunki ottaa eri paikkatietopalveluissaan käyttöön uuden N2000-korkeusjärjestelmän. Forssan kaupungin toimittamat kartat ja tiedostot ja maastomittauksen korkeudenmäärytykset ovat siirtymispäivästä alkaen N2000- järjestelmän mukaisia.

### **Korkeusjärjestelmän muutokseen pitää kiinnittää erityistä huomiota**

Korkeusjärjestelmän vaihtaminen vaikuttaa erityisesti rakennuslupapiirustusten sisältöön ja rakentamiseen. Mittauksia ja suunnitelmia tehdessä tulee erityisen tarkasti selvittää, minkä järjestelmän korkeudesta kulloinkin on kyse ja varmistaa, että työhön liittyvät korkeusasemat ovat samassa korkeusjärjestelmässä. Ennen järjestelmän vaihtoa aloitetut suunnitteluprojektit saatetaan loppuun vanhassa korkeusjärjestelmässä. Siirtymisajankohdan jälkeen aloitettavat projektit käynnistetään ainoastaan uudessa N2000-korkeusjärjestelmässä. Siirtymä kautena tulee erityisen tarkasti selvittää aineistossa käytetty korkeusjärjestelmä ja varmistaa, että korjaus tehdään oikeaan suuntaan. Muistisääntönä voi pitää sitä, että maa on kohonnut, jolloin **uudemman järjestelmän arvot tulee olla suuremmat kuin vanhan järjestelmän**. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että kaikissa piirustuksissa on selkeät merkinnät käytetyistä tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmistä ja tiedotettava asiasta työmaan sisällä. Rakennuslupahakemuksissa tulee järjestelmän vaihtopäivästä alkaen käyttää pelkästään N2000- korkeusjärjestelmää. Rakennuksen korkeusaseman maastoon merkintä tehdään vaihtopäivästä alkaen ainoastaan N2000- korkeusjärjestelmässä, vaikka suunnitelmissa olisi käytetty vanhaa järjestelmää.

Jos olet epävarma korkeuksiin liittyvissä asioissa, otathan yhteyttä!

Lisätietoja: kaupungingeodeetti Aki Härmä p. (03) 4141 5330

maanmittausinsinööri Armi Lempinen p. (03) 4141 5334

Linkit: JHS 163: <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS163/JHS163.pdf>

# Tarjouspyyntö korkeuskäyristä

TARJOUSPYYNTÖ 140079

## N2000 korkeuskäyrät

### 1. Hankintayksikön perustiedot

#### Hankintayksikkö

Forssan kaupunki  
0145626-1  
Maankäyttöpalvelut  
Aki Hämälä  
Turuntie 18  
30100 Forssa  
Suomi  
puh. +358505640017  
aki.hama@forssa.fi  
www.forssa.fi

### 2. Hankinnan perustiedot

#### Hankinnan nimi

N2000 korkeuskäyrät

#### Hankinnan tunnistus

140079

#### Hankinnan kuvaus

Forssan Kaupunki (tilaaja) siirtyi ETRS-GK24 koordinaatistoon 2010 sekä siirtyy N2000 -korkeusjärjestelmään vuoden 2018 alkupuolella.

Forssan kokonaispinta-ala on noin 254 km<sup>2</sup>. Hankinta koskee koko tätä aluetta.

Korkeuskäyrät ovat tällä hetkellä olemassa kaupungin ylläpitämällä kantakartta-alueella ("pohjakartta-alue") (pinta-ala noin 50 km<sup>2</sup>) sekä sen lisäksi Kotjärven (pinta-ala noin 11 km<sup>2</sup>) ja Matkun (pinta-ala noin 6 km<sup>2</sup>) taajamien alueille tarjouspyynnön liitekartasta ilmenevällä tavalla.

Työn tarkoituksena on tuottaa korkeuskäyrät Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistosta N2000-korkeusjärjestelmään ETRS-GK24 koordinaatistossa. Forssan Kaupungin paikkatieto-ohjelma on Trimble Locus.

#### Hankintalaji

Palvelut

#### Toimialan tarkennus vahtipalveluun

Ammatillinen, tieteellinen ja tekninen toiminta

#### Hankintamenettely

Rajotettu menettely

#### Lisätietokysymysten määräaika

10.11.2017 klo 00:00

#### Tarjoukset on toimitettava hankintayksikölle viimeistään

17.11.2017 klo 12:00

#### Tarjouksen on oltava voimassa seuraavaan päivämäärään saakka

16.02.2018

### 3. Hankinnan kohde

#### Kohteet

N2000 korkeuskäyrät

#### Tarjouksen valintaperuste

valinta kokonaishinnan perusteella (alín hinta)

**Osatarjoukset hyväksytään**

Ei

**Lisätiedot**

Aineisto, josta käyrät tuotetaan:

Maanmittauslaitoksen maanpintaluokiteltu ja stereotarkastettu laserkeilausaineisto.  
Laserkeilausaineiston tuotekuvaus löytyy osoitteesta:  
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntijavalle-kayttajalle/tuotekuvaus/laserkeilausaineisto>

Korkeuskäyrien laatimisessa ja tarkkuusvaatimuksissa tulee noudattaa seuraavissa julkaisussa annettuja yleisiä ohjeita:

- MML:n julkaisu no 94 "Kaavoitusmittausohjeet 2003".
- MML:n julkaisussa no 85 "Kaavan pohjakartta 1997 karttakohdemalli" määntellyt mittausluokan 1 mukaiset tarkkuusvaatimukset.
- Uusi JHS 185 "Asemakaavan pohjakartan laatiminen" –suositus.

Korkeuskäyrissä sovelletaan lisäksi seuraavia teknisiä määräyksiä ja ohjeita:

- Toimitus oikeilla Forssan Trimble Locus lajeilla ja Xcity (.xci, .xca) formaatissa. Toimitus suurimmillaan 2x2 km paloissa.
- Käyrät on katkaistava rakennusten, teiden ja päällystettyjen alueiden alta lukuun ottamatta kantakartta-alueen ulkopuolisia alueita.
- Käyrien korkeusluvut on sijoitettava kartografisesti oikeisiin paikkoihin. Korkeuspisteiden ja -lukujen sijoittelu kartalle.
- Käyriä ei katkaista korkeuslukemien alta.
- Viettoviivat on sijoitettava kartografisesti sopiviin paikkoihin eikä niitä saa olla liian harvassa. Apukäyrien poistaminen alueilta, jossa ne eivät ole tarpeellisia; 0,5 m käyrät esitetään vain tasaisilla alueilla.
- Käyrät oltava pääsääntöisesti vähintään 1,5 m pituisia. Merkityksettömät käyrät on poistettava. Käyrien automaattisessa generoinnissa on vältettävä ilaalistusta yleistämistä.
- Automaattisesti suoritettujen toimenpiteiden visuaalinen tarkistaminen ja korjaus tehdään konsultin toimesta.
- Prosessin sivutuotteena syntyvä kolmiomalli toimitetaan tilaajalle. Pohjakartan editointi ei kuulu tämän tarjouspyynnön mukaiseen työhön.
- Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistona käytetään uusinta aineistoa. Tilaja informoi konsulttia alueista, jotka ovat muuttuneet keilausajankohdan jälkeen. Tarvittaessa näitä alueita poistetaan korkeuskäyrät.

Työssä tarvittavat aineistot:

- Tilaja luovuttaa konsultille tätä työtä varten hallussaan olevan tarvittavan aineiston (mm. pohjakartta ja ortokuvat).
- Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineisto on avointa aineistoa, maanpintaluokiteltua ja stereotarkastettua laserkeilausaineistoa tilaajalla ei ole, sen tilaamisesta sovitaan erikseen valitun konsultin kanssa.

Tilaajalle luovutettavat tuotteet:

- Korkeuskäyrät (johtokäyrä, korkeuskäyrä ja apukäyrä) Rinneviivat, korkeuskäyrän korkeusluvut.
- Maanpinnan korkeuspisteet ja vedenpinnan korkeusluvut Luonnon rantaviiva pohjakartan alueelta Laserkeilausaineiston kolmiominnista syntyvä kolmiomalli Työkertomus.

**4. Liitteet ja linkit****Liitetiedostot**

FORSSAN TARJOUSPYYNTÖ N2000 KORKEUSKÄYRÄT 17.10.2017 LIITEKARTTA.pdf

## 5. Tarjousliitteet

Tarjoaja sitoutuu täyttämään Tilajaavastuulain mukaiset velvoitteet

### Liitteisiin liittyvää lisätietoa

Tarjouksen tulee sisältää kaikki kulut, kuten henkilöttyö-, matka-, kopio-, tulostus- ja laitekulut. Pyydetyn palvelukokonaisuuden ulkopuolelle jääviä mahdollisia lisätoita varten on tarjouksessa ilmoitettava tuntiveloitushinta. Näihin töihin tulee saada tilajalta kirjallinen suostumus.

Tarjoukseen tulee liittää:

- Tätä tarjouspyyntöä täsmentävä tarjoajan tekemä ehdotus työsuunnitelmaksi, josta selviävät mm. käytettävät laitteistot, ohjelmistot ja työmenetelmät ja työn alustava aikataulu.
- Työhön käytettävissä olevat henkilöresurssit ja projektin vastuullinen vetäjä.
- Yrityksen ja avainhenkilöstön referenssityöluettelo vastaavista työtehtävistä viimeisen kolmen vuoden ajalta.

Tarjoaja voi hankkia määrittämänsä osan palveluista alihankintana. Tarjouksessa on annettava tiedot palvelutuotannossa käytettävistä alihankkijoista. Tarjoaja vastaa alihankkijan työstä kuten omastaan. Alihankkijoiden käyttö tulee kuvata tarjouksessa ja alihankkijoita koskevat samat vaatimukset kuin tuottajaa. Alihankkijat eivät saa edelleen kehitellä hankintaa.

Tarjouksesta tulee käydä ilmi tarjoajan nimi, y-tunnus ja yhteystiedot sekä selvitys palvelun tuottajan nimeämästä vastuhenkilöstä.

Tarjoajan tulee olla merkitty kaupparekisteriin tai muuhun vastaavaan ammatti- ja elinkeinorekisteriin, ennakkopöytäkirjan mukaiseen ennakkopöytäkirjaan ja työnantajarekisteriin sekä arvonlisäverolain mukaiseen arvonlisäverovelvollisten rekisteriin, jos sijoittautumisaikana lausua edellyttää rekisteröitymistä. Mikäli tarjoajalla ei ole velvollisuutta rekisteröitymiseen, siitä on esitettävä selvitys. Tarjoajalla tulee olla kohteen laatu ja laajuus huomioiden riittävä kokemus vastaavanlaisista toimitussopimuksista (referenssit).

Tarjoajan huomiota kiinnitetään erityisesti siihen, että tarjous on laadittu huolellisesti ja täsmällisesti tämän tarjouspyynnön ja sen liitteiden mukaisesti. Tulkinnanvaraiset ja epäselvät tarjoukset on hylättävä, jotta voidaan turvata tarjoajan tasapuolinen ja syrjimätön kohtelu. Oikeuskäytännön mukaan tarjoajalla on vastuu tarjouksen tarjouspyynnön mukaisuudesta. Tarjoajan tasapuolisen ja syrjimättömän kohtelun periaate edellyttää, että tarjouksia arvioidaan sellaisina kuin ne on toimitettu hankintayksikölle tarjousten jättämiseksi asetettuun määräaikaan mennessä.

Tarjouksen tekemisestä, esittelystä tai muusta menettelystä osallistumisesta ei makseta tarjoajalle korvausta. Tarjouspyyntöasiakirjat ovat saatavissa suomen kielellä. Tarjoajan halutessa tarjouspyyntöasiakirjat muulla kielellä, käännettäminen ja siitä aiheutuvat kustannukset ovat tarjoajan itsensä vastattavina. Tarjoukset on laadittava suomen kielellä.

Tarjousten arviointi ja vertailu toteutetaan kolmessa vaiheessa:

1. Tarjousten tarjouspyynnön mukaisuuden tarkistaminen.
  2. Tarjousten hintavertailu
- Toisessa vaiheessa hankintapäätös tehdään vaatimukset täyttävistä tarjouksista halvimman hinnan perusteella.

Tarjouksista valitaan havin:

Kokonaishintatarjous (alv 0 %) korkeuskäytien tuottamiseksi N2000 korkeusjärjestelmään Forssan kaupungin alueelle (tarjouspyynnön mukainen).

Tilaja pidättää oikeuden hylätä kaikki tarjoukset. Määräajan jälkeen jätettyjä tarjouksia ei huomioida.

Forssan kaupungin ja valitun palveluntuottajan kanssa tehdään sopimus, jossa on mm. seuraavat ehdot:

Sopimusasiakirjojen pätemisjärjestys on seuraava:

1. sopimus
2. tarjouspyyntö
3. tarjous
4. julkisten hankintojen yleiset sopimusehdot JYSE 2009 palvelut:si

Valitun palveluntuottajan tulee toimittaa Tilajaavastuulain mukaiset todistukset ja selvitykset ennen sopimuksen solmimista.

## 6. Yleiset kriteerit

Täyttävä aineisto tulee olla tilajalla tarkistettavana 31.1.2018 mennessä. Työ on oltava kokonaisuudessaan valmiina ja tilajan hyväksymä 29.02.2018 mennessä.	Kyllä/ei	"Kyllä" vaaditaan
Tarjottava hinta € ALV 0%	Isästä	Syöttö vaaditaan



## Forssan kiintopistekartta vuodelta 1981

